



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 53 868 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
H 04 N 13/04
G 02 B 27/22
G 03 C 9/08

②1 Aktenzeichen: 100 53 868.1
②2 Anmeldetag: 27. 10. 2000
④3 Offenlegungstag: 27. 9. 2001

DE 100 53 868 A 1

⑥6 Innere Priorität:
100 13 390. 8 15. 03. 2000

⑦1 Anmelder:
4D-Vision GmbH, 07749 Jena, DE

⑦4 Vertreter:
Dr. Werner Geyer, Klaus Fehners & Partner, 07745
Jena

⑦2 Erfinder:
Grasnick, Armin, Dipl.-Ing. (FH), 07743 Jena, DE;
Holz, Andreas, Dipl.-Ing. (FH), 07749 Jena, DE;
Valverde, Rudyard Isaac Urtecho, 07749 Jena, DE;
Dörfel, Falk, Dipl.-Ing. (FH), 07549 Gera, DE;
Scherzberg-Naujokat, Sven-Martin, Dipl.-Ing. (FH),
07774 Camburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

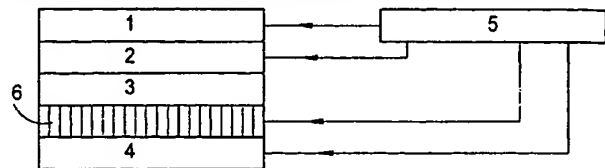
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Anordnung zur zwei- oder dreidimensionalen Darstellung von Bildern einer Szene oder eines Gegenstandes

⑤7 Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Darstellung von Bildern, ausgestattet mit einer Bildwiedergabeeinrichtung (1) aus einer Vielzahl von Bildelementen, auf denen Bildinformationen vorzugsweise aus Perspektivansichten darstellbar sind, mit einem Wellenlängenfilterarray (3) und mit einer Beleuchtungsvorrichtung, wobei in Abhängigkeit von der Beleuchtung eine zwei- oder dreidimensionale Darstellung möglich ist.

Erfindungsgemäß sind Mittel zur Umschaltung zwischen mehreren Betriebsarten vorgesehen, bei denen das Beleuchtungslicht entweder ausschließlich nur durch die Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung (1) hindurch oder aber durch mindestens einen Teil der Filterelemente des Wellenlängenfilterarrays (3) und nachfolgend auch noch durch einen zugeordneten Teil der Bildelemente hindurch zum Betrachter gelangt.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist dem Wellenlängenfilterarray (3) ein Raster aus Shutterelementen zugeordnet, wobei je nach Anzahl angesteuerter Shutterelemente der Weg des Beleuchtungslichtes durch eine größere oder kleinere Anzahl von Filterelementen hindurch unterbrochen oder freigegeben ist.



DE 100 53 868 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Darstellung von Bildern einer Szene oder eines Gegenstandes, ausgestattet mit einer Bildwiedergabeeinrichtung aus einer Vielzahl von Bildelementen, auf denen Bildinformationen aus mehreren Perspektivansichten der Szene/des Gegenstandes darstellbar sind, mit einem in Blickrichtung eines Betrachters der Bildwiedergabeeinrichtung nachgeordneten Wellenlängenfilterarray, das aus einer Vielzahl von in vorgegebenen Wellenlängenbereichen lichtdurchlässigen Filterelementen besteht und mit einer Beleuchtungsvorrichtung, wobei in Abhängigkeit von der Beleuchtung der Bildelemente und Filterelemente die Szene/der Gegenstand für den Betrachter zwei- oder dreidimensional wahrnehmbar ist.

Anordnungen, mit denen Bilder dreidimensional wahrgenommen werden können, sind insbesondere in Form autostereoskopischer Displays bekannt.

In US 5,897,184 beispielsweise ist eine Anordnung zur dreidimensionalen Darstellung in Form eines autostereoskopischen Displays mit einer Beleuchtungseinrichtung beschrieben. Diese Anordnung dient wahlweise der zwei- oder dreidimensionalen Darstellung. In der Beleuchtungseinrichtung ist ein flächig ausgedehnter Lichtleiter vorgesehen, auf dem Kerben oder Noppen angeordnet sind, die eine für den 3D-Betrieb erforderliche strukturierte Beleuchtung erzeugen. Nachteilig dabei ist, daß die Herstellung eines in dieser Weise strukturierten Lichtleiters einen verhältnismäßig hohen technologischen Aufwand erfordert. Außerdem ist die hier beschriebene Beleuchtungseinrichtung im Zusammenhang mit dem autostereoskopischen Display nachteiligerweise im wesentlichen nur für zweikanalige 3D-Darstellung geeignet.

Die US 5,349,379 beschreibt ebenfalls ein autostereoskopisches Display mit einer Beleuchtungsvorrichtung, bei der eine Vielzahl schmaler langer Lampen derart ansteuerbar sind, daß ein aus zwei Perspektivansichten zusammengesetztes Bild strukturiert beleuchtet wird, wodurch das Bild dreidimensional wahrnehmbar ist. Nachteilig sind hierbei die notwendigerweise hohe Anzahl an Lampen und auch wieder die lediglich auf im wesentlichen zweikanalige 3D-Darstellungen eingeschränkte Verwendbarkeit dieses Beleuchtungssystems.

Es sind auch Anordnungen entwickelt worden, mit denen Bilder nicht nur dreidimensional, sondern in Abhängigkeit von der einer vorgegebenen Betriebsart alternativ zwei- oder dreidimensional dargestellt werden können. Dabei wird die Umschaltung zwischen zweidimensionaler und dreidimensionaler Darstellung in der Regel durch Einflußnahme auf die Ausrichtung des Beleuchtungsstrahlenganges erzielt. Nachteiligerweise ist deshalb mit der Umschaltung von der zwei- auf die dreidimensionale Darstellung oder umgekehrt eine unerwünschte Helligkeitsänderung oder anderweitige ungewollte Beeinflussung der Bildqualität verbunden.

Eine derartige Verfahren mit zugehöriger Anordnung beschreibt beispielsweise JP 3119889. Hier werden LC-Displays verwendet und damit Barrieremuster erzeugt. Auf diese Weise ist je nach Ansteuerung des LC-Displays bzw. je nach erzeugten Barrieremustern eine Umschaltung zwischen der zweidimensionalen und dreidimensionalen Darstellung der auf dem Display angezeigten Bildinhalte möglich. Allerdings ist bei der hier beschriebenen Anordnung von Nachteil, daß zwei Bildanzeigergeräte verwendet werden müssen, wodurch die Anordnung verhältnismäßig material- und damit auch kostenaufwendig wird.

Weiterhin ist bei einem solchen Aufbau von Nachteil, daß die als Barriere verwendeten LC-Displays nach derzeitigem

Stand der Technik nur bis zu einer Bildschirmdiagonale von etwa 30 Zoll verfügbar und demzufolge nicht zur großformatigen Darstellung einer Szene bzw. eines Gegenstandes geeignet sind. Außerdem treten bei der Verwendung sowohl für die Beleuchtung als auch für die Bilddarstellung die unangenehmen Moiré-Effekte auf.

Für einige Anwendungsfälle ist bei autostereoskopischen Displays eine Betriebsart wünschenswert, bei der lediglich ausgewählte Ausschnitte der dargestellten Szene/des Gegenstandes dreidimensional wahrgenommen werden können, während der übrige Teil zweidimensional wahrnehmbar ist. Oftmals ist es auch noch wünschenswert, die jeweils zwei- oder dreidimensional wiedergegebenen Abschnitte innerhalb der Gesamtdarstellung zu variieren. Derartige aus dem Stand der Technik bekannte Anordnungen können jedoch nur mit großem Aufwand umgesetzt werden.

Ausgehend davon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung der eingangs beschriebenen Art derart weiterzuentwickeln, daß auf einfache Weise bei Beibehaltung einer guten Bildqualität sowohl die Umschaltung von einer zweidimensionalen auf eine dreidimensionale Darstellung und umgekehrt möglich ist als auch vorbestimmte Ausschnitte der dargestellten Szene/des Gegenstandes dreidimensional dargestellt werden können, während der übrige Teil zweidimensional wahrnehmbar ist.

Erfindungsgemäß sind Mittel zur Umschaltung zwischen mehreren unterschiedlichen Betriebsarten vorgesehen, bei denen das Beleuchtungslicht entweder zwecks zweidimensionaler Darstellung ausschließlich nur durch die Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung, nicht jedoch durch Filterelemente des Wellenlängenfilterarrays hindurch zum Betrachter gelangt oder zwecks dreidimensionaler Darstellung durch mindestens einen Teil der Filterelemente des Wellenlängenfilterarrays und nachfolgend durch einen zugeordneten Teil der Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung hindurch zum Betrachter gelangt.

Mit dieser Anordnung kann die Szene bzw. der Gegenstand für den Betrachter wahlweise so dargestellt werden, daß entweder eine insgesamt zweidimensionale oder eine insgesamt dreidimensionale Wahrnehmung möglich ist. Abweichend davon ist es weiterhin aber auch möglich, lediglich einen oder mehrere Bildausschnitte dreidimensional, den Rest des Bildes zweidimensional darzustellen, nämlich wenn eine Betriebsart gewählt ist, bei der nur in Teilbereichen, die den dreidimensional dargestellten Bildausschnitten entsprechend, das Beleuchtungslicht sowohl durch die Filterelemente des Wellenlängenfilterarrays als nachfolgend auch noch durch die zugeordneten Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung zum Betrachter gelangt.

Als Mittel dazu sind beispielsweise in Blickrichtung des Betrachters zwischen der Bildwiedergabeeinrichtung und dem Wellenlängenfilterarray eine erste Planbeleuchtungsquelle und hinter dem Wellenlängenfilterarray eine zweite Planbeleuchtungsquelle vorgesehen und beide Planbeleuchtungsquellen mit separat ansteuerbaren Ein-/Ausschaltern gekoppelt.

Damit läßt sich in einfacher Weise je nach Ansteuerung der Ein-/Ausschalter erreichen, daß in einer ersten Betriebsart zwecks zweidimensionaler Darstellung lediglich die erste Planbeleuchtungsquelle eingeschaltet ist und Beleuchtungslicht nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung, nicht jedoch durch das Wellenlängenfilterarray hindurch zum Betrachter gelangt und in einer zweiten Betriebsart zwecks dreidimensionaler Darstellung lediglich die zweite Planbeleuchtungsquelle eingeschaltet ist und Beleuchtungslicht stets durch das Wellenlängenfilterarray und die Bildwiedergabeeinrichtung hindurch zum Betrachter gelangt.

Die Szene bzw. der Gegenstand sind dabei für den Be-

trachter bei Vorwahl der ersten Betriebsart insgesamt zweidimensional, bei Vorwahl der zweiten Betriebsart insgesamt dreidimensional wahrnehmbar.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist dem Wellenlängenfilterarray ein Raster aus einer Vielzahl einzeln ansteuerbarer Shutterelemente zugeordnet, wobei je nach Anzahl der angesteuerten Shutterelemente der Weg des von der zweiten Planbeleuchtungsquelle erzeugten Beleuchtungslichtes durch eine größere oder kleinere Anzahl von Filterelementen hindurch unterbrochen oder freigegeben ist.

Damit und in Verbindung mit den oben genannten Ein-/Ausschaltern lassen sich drei Betriebsarten realisieren. So läßt sich erreichen, daß in einer ersten Betriebsart, in welcher lediglich die erste Planbeleuchtungsquelle eingeschaltet ist und Beleuchtungslicht nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung, nicht jedoch durch das Wellenlängenfilterarray hindurch zum Betrachter gelangt, das gesamte Bild zweidimensional wahrnehmbar ist.

In einer zweiten Betriebsart ist wiederum lediglich die zweite Planbeleuchtungsquelle eingeschaltet und das Beleuchtungslicht gelangt stets durch das Wellenlängenfilterarray und die Bildwiedergabeeinrichtung hindurch zum Betrachter, wodurch das gesamte Bild dreidimensional wahrgenommen werden kann.

In einer weiteren dritten Betriebsart sind beide Planbeleuchtungsquellen eingeschaltet und eine vorgegebene Anzahl von Shutterelementen ist so angesteuert, daß das Beleuchtungslicht in Bereichen der angesteuerten ("geöffneten") Shutterelemente sowohl durch die Filterelemente als auch durch die zugeordneten Bildelemente hindurch und demzufolge mit vorgegebener Ausbreitungsrichtung zum Betrachter gelangt, während das Beleuchtungslicht in Bereichen der nicht angesteuerten ("ungeöffneten") Shutterelemente nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung hindurch, nicht jedoch durch zugeordnete Filterelemente hindurch und demzufolge nicht mit vorgegebener Ausbreitungsrichtung zum Betrachter gelangt. Dadurch ist die Szene/der Gegenstand mit Blick auf die Bereiche der nicht angesteuerten Shutterelemente zweidimensional, dagegen mit Blick auf die Bereiche der angesteuerten Shutterelemente dreidimensional wahrnehmbar. Hierbei kann in besonderer Ausgestaltung vorgesehen sein, eine oder beide Planbeleuchtungsquellen an Dimmer zu koppeln, wodurch die jeweils abgegebene Helligkeit regelbar ist und so eingestellt werden kann, daß die Helligkeit der ersten Planbeleuchtungsquelle, bevorzugt etwa um den Faktor drei, geringer ist als die Helligkeit der zweiten Planbeleuchtungsquelle.

Nachfolgend soll der Vollständigkeit halber zunächst darauf eingegangen werden, auf welche Weise Ausbreitungsrichtungen des Lichtes von der Bildwiedergabeeinrichtung zum Betrachter so vorgegeben werden, so daß Bildinformationen je nach Bestimmung überwiegend zum einen oder anderen Auge des Betrachter gelangen und so für den Betrachter der dreidimensionale Eindruck entsteht.

Es ist bereits bekannt, für das Licht, das von den nachfolgend mit α_{ij} bezeichneten Bildelementen ausgeht, Ausbreitungsrichtungen vorzugeben, die von der Wellenlänge dieses Lichtes und der Position der Bildelemente abhängig sind, wobei sich die Ausbreitungsrichtungen innerhalb eines Betrachtungsraumes, in dem sich einer oder mehrere Betrachter aufhalten können, in einer Vielzahl von Schnittpunkten kreuzen. Jeder dieser Schnittpunkte entspricht einer Betrachtungsposition, und von jeder dieser Betrachtungspositionen aus sieht ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Bildelemente α_{ij} einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Bildelemente α_{ij} einer zweiten Auswahl.

Zeigt nun die Bildwiedergabeeinrichtung auf den Bildele-

menten α_{ij} kombiniert Bildinformationen aus verschiedenen perspektivischen Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$), so sieht der Betrachter aufgrund der Zuordnung der Bildinformationen teils zum rechten, teils zum linken Auge die Szene/den Gegenstand perspektivisch.

Die Ausbreitungsrichtungen werden durch das Zusammenwirken der Vielzahl von Bildelementen α_{ij} mit der Vielzahl von Filterelementen β_{pq} vorgegeben, wobei jeweils ein Bildelement α_{ij} mit mehreren zugeordneten Filterelementen β_{pq} oder ein Filterelement β_{pq} mit mehreren zugeordneten Bildelementen α_{ij} derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen der Flächenmitte des sichtbaren Abschnittes eines Bildelementes α_{ij} und der Flächenmitte des sichtbaren Abschnittes eines Filterelements β_{pq} einer Ausbreitungsrichtung entspricht.

Zwecks Vorgabe der Ausbreitungsrichtungen sind die Positionen i, j der Bildelemente α_{ij} auf der rasterförmigen Bildwiedergabeeinrichtung genau definiert. Den Filterelementen β_{pq} , die mit diesen Bildelementen α_{ij} korrespondieren sollen, werden definierte Positionen p, q auf dem Wellenlängenfilterarray zugewiesen. Die Ausbreitungsrichtungen ergeben sich dann aus den Positionen i, j der Bildelemente α_{ij} auf der Bildwiedergabeeinrichtung, den Positionen p, q der korrespondierenden Filterelemente β_{pq} auf dem Wellenlängenfilterarray und dem Abstand z zwischen der Bildwiedergabeeinrichtung und dem Wellenlängenfilterarray.

Die Zuordnung der aus den Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$) darzustellenden Bildinformationen zu Bildelementen α_{ij} wie auch die Positionierung dieser Bildelemente α_{ij} im Raster der Bildwiedergabeeinrichtung kann nach folgender Funktion vorgenommen werden

$$k = i - c_{ij} \cdot j - n \cdot \text{IntegerPart} \left[\frac{i - c_{ij} \cdot j - 1}{n} \right].$$

Hierin sind bezeichnet mit

- i der Index eines Bildelementes α_{ij} in einer Zeile des Rasters,
- j der Index eines Bildelementes α_{ij} in einer Spalte des Rasters,
- k die fortlaufende Nummer der Ansicht A_k ($k = 1 \dots n$), aus der die Bildinformation stammt, die auf einem bestimmten Bildelement α_{ij} wiedergegeben werden soll,
- n die Gesamtzahl der jeweils verwendeten Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$),
- c_{ij} eine wählbare Koeffizientenmatrix zur Kombination bzw. Mischung der verschiedenen von den Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$) stammenden Bildinformation auf dem Raster und
- IntegerPart eine Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

Mit anderen Worten: Die Indizes i, j bezeichnen die Positionen von Bildelementen α_{ij} , für die anzugeben ist, aus welcher der Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$) die darzustellende Bildinformation bezogen werden soll. Dabei steht i für den horizontalen Index (mit Werten von 1 bis zur horizontalen Bildelementauflösung, das ist im Falle der Darstellung der Bildinformationen auf RGB-Subpixeln der dreifache Wert der Pixelauflösung) und j für den vertikalen Index (mit Werten von 1 bis zum Wert der vertikalen Bildelementauflösung).

Soll für eine beliebige, aber feste Anzahl n von Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$), die alle die gleiche Bildauflösung bzw. das gleiche Format besitzen, das auf dem Raster darzustellende,

aus Bildinformationen der Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$) zu kombinierende Gesamtbild ermittelt werden, so ist für die Kombinationsvorschrift noch zu berücksichtigen, daß die Koeffizientenmatrix c_{ij} als Einträge Werte besitzen kann, die reellen Zahlen entsprechen. Dabei sind für i und j natürliche Zahlen größer "Null" im oben genannten Wertebereich möglich.

Das auf dem Raster dargestellte, aus den verschiedenen Bildinformationen der Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$) kombinierte Gesamtbild wird bei Vorgabe dieser Parameter entsprechend der oben angegebenen Funktion erzeugt, indem alle möglichen Indexpaare i, j durchlaufen werden. Als weitere Voraussetzung für die Erzeugung einer räumlichen Darstellung ist noch zu bestimmen, wie die Filterelemente β_{pq} , die im Zusammenwirken mit den Bildelementen α_{ij} die Ausbreitungsrichtungen vorgeben, innerhalb des Wellenlängenfilterarrays mit Spalten p und Zeilen q zu positionieren sind.

Die Filterelemente β_{pq} weisen Transparenzwellenlängen- oder Transparenzwellenlängenbereiche λ_b auf, die bevorzugt dem Wellenlängen- oder Wellenlängenbereich λ_a des von den korrespondierenden Bildelementen α_{ij} abgestrahlten Lichtes entsprechen. Eine Transparenzwellenlänge/ein Transparenzwellenlängenbereich λ_b kann auch für eine Kombination aus verschiedenen Wellenlängenbereichen stehen (z. B. transparent für die Kombination von Blau und Rot, jedoch nicht für Grün). Der Index b kann demnach Werte von 1 bis zur Maximalzahl der festgelegten Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche λ_b haben. Im Falle eines Wellenlängenfilterarrays, das an vorgegebenen, durch das Indexpaar p, q definierten Positionen Licht der Grundfarben R, G, B passieren lassen soll, während an anderen solcher Positionen das gesamte sichtbare Spektrum abgeblockt werden soll, ist $b_{\max} = 4$. Dabei entsprechen beispielsweise die Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche λ_1, λ_2 und λ_3 rotem (R), grünem (G) oder blauem (B) Licht und die Transparenzwellenlänge/der Transparenzwellenlängenbereich λ_4 liegt vollständig außerhalb des Spektralbereiches des gesamten sichtbaren Lichtes. Eine solche Transparenzwellenlänge/ein solcher Transparenzwellenlängenbereich λ_4 ergibt dann einen opaken Filter (S).

Die Filterelemente β_{pq} auf dem Array können insofern als transluzente, transparente oder opake Teile eines Maskenbildes angesehen werden. Die Position eines jeden Filterelementes β_{pq} ist durch den Index p, q eindeutig festgelegt jedem Filterelement β_{pq} wird eine bestimmte Transparenzwellenlänge bzw. ein bestimmter Transparenzwellenlängenbereich λ_b zugeordnet. Dabei erfolgt die Strukturierung der Wellenlängenfilter β_{pq} zu einem Maskenbild – analog zur Kombination der Bildinformationen der verschiedenen Ansichten A_k ($k = 1 \dots n$) zu einem Gesamtbild – nach folgender Vorschrift:

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[\frac{p - d_{pq} \cdot q - 1}{n_m} \right],$$

mit

- p dem Index eines Filterelementes β_{pq} in einer Zeile des Arrays,
- q dem Index eines Filterelementes β_{pq} in einer Spalte des Arrays,
- b einer ganzen Zahl, die für ein Filterelement β_{pq} an der Position p, q eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche λ_b festlegt und Werte zwischen 1 und b_{\max} haben kann,
- n_m einem ganzzahligen Wert größer Null, der bevorzugt der Gesamtzahl b_{\max} der Transparenzwellenlängen-

gen/-wellenlängenbereiche entspricht, wobei die Gesamtzahl b_{\max} wiederum bevorzugt der Gesamtzahl n der in dem Kombinationsbild dargestellten Ansichten A_k entsprechen kann,

- d_{pq} einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Erzeugung eines Maskenbildes und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

Die wählbare Koeffizientenmatrix d_{pq} kann als Einträge Werte besitzen, die reellen Zahlen entsprechen. Dabei sind für p und q , die (wie bereits dargestellt) Positionen innerhalb des Wellenlängenfilterarrays beschreiben, natürliche Zahlen größer "Null" möglich. Die Filterelemente β_{pq} als Elemente des Maskenbildes besitzen vorzugsweise im wesentlichen die gleiche Flächenausdehnung wie die Bildelemente α_{ij} .

Soviel zur Erläuterung des Zustandekommens der dreidimensionalen Darstellung. Die vorliegende Erfindung ist nun in einer besonders bevorzugten Weiterbildung wie folgt ausgestaltet:

Die erste Planbeleuchtungsquelle besteht im wesentlichen aus einem plattenförmigen Lichtleiter, der von zwei einander gegenüberliegenden Großflächen, von denen eine erste zur Bildwiedergabeeinrichtung, die zweite zum Wellenlängenfilterarray weist, sowie von umlaufenden Schmalflächen begrenzt ist. Dieser Lichtleiter wird von mindestens einer Lichtquelle gespeist, deren Strahlung durch eine oder mehrere der Schmalflächen hindurch in den Lichtleiter eingekoppelt wird. Innerhalb des Lichtleiters wird die Strahlung teils infolge Totalreflexion an den beiden Großflächen hin- und herreflektiert und teils als Nutzlicht über die erste Großfläche abgestrahlt. Auf diese Weise lassen sich großflächige Planbeleuchtungsquellen für großflächige Bildwiedergabeeinrichtungen herstellen.

Bei einer in dieser Weise ausgeführten Planbeleuchtungsquelle kann vorteilhafterweise die zweite Großfläche des Lichtleiters mit einer die Totalreflexion störenden Beschichtung versehen sein, deren Störvermögen über die Ausdehnung der zweiten Großfläche hinweg zwischen zwei Grenzwerten inhomogen ist, wobei die Grenzwerte von der Dichte d der Beschichtung abhängig sind und die Dichte d eine Maß ist für den mittleren Abstand der Partikel pro Flächeneinheit.

Damit kann mit wenig aufwendigen technischen Mitteln auf einfache Art und Weise die Lichtdichteverteilung beeinflusst und über die abstrahlende Großfläche hinweg eine gewünschte Lichtdichteverteilung erzeugt werden. Die hier zugrundeliegende Funktionsweise läßt sich wie folgt erklären:

Bei jeder Reflexion an der ersten Großfläche innerhalb des Lichtleiters wird nur ein Anteil der Strahlung infolge Totalreflexion wieder in den Lichtleiter hineinreflektiert, während ein übriger Anteil kontinuierlich als Nutzlicht durch die erste Großfläche austritt. Mit der erfindungsgemäß auf die gegenüberliegende zweite Großfläche aufgetragenen Beschichtung wird die Totalreflexion gestört, indem das Reflexionsverhalten durch Beeinflussung des Ausfallwinkels an der zweiten Großfläche so geändert wird, daß mehr Licht unter einem Winkel auf die abstrahlende Großfläche trifft, bei dem die Totalreflexion dort nicht mehr stattfinden kann und dadurch eine größere Lichtmenge als Nutzlicht nach außen gelangt.

Bei dem hier beschriebenen Lichtleiter handelt es sich um einen transparenten Körper, der beispielsweise aus Glas, Acrylglas oder Polystyrol und damit aus einem dichteren Medium besteht als die umgebene Luft. Es ist bekannt, daß dort, wo die Mantelfläche eines Lichtleiters mit benachbar-

ten Stoffen oder Gegenständen in engen Kontakt kommt, die Totalreflexion gestört wird und dabei Streustrahlungen die Folge sind. Dies ist in der Lichtleitertechnik grundsätzlich unerwünscht. Die vorliegende Ausgestaltung der Erfindung jedoch nutzt diesen Effekt, um die Totalreflexion an der zweiten Großfläche des plattenförmigen Lichtleiters definiert zu stören, und zwar so, daß das Störvermögen in unterschiedlichen Bereichen der Großfläche auch unterschiedlich ausgeprägt ist, wie im folgenden gezeigt wird.

Das differenzierte Störvermögen in unterschiedlichen Bereichen der zweiten Großfläche kann beispielhaft so vorgegeben sein, daß mit wachsendem Abstand x von einer Schmalfäche, in die das Licht eingekoppelt wird, das Störvermögen der Beschichtung zunehmend stärker ausgebildet ist. Dabei kann das Störvermögen progressiv in parallel zu dieser Schmalfäche ausgerichteten streifenförmigen Flächenabschnitten zunehmend ausgebildet sein.

So kann vorgesehen sein, daß in einem ersten Flächenabschnitt nahe der Schmalfäche eine Beschichtung aufgebracht ist, bei welcher der mittlere Abstand der Partikel pro Flächeneinheit groß und damit die Störung der Totalreflexion verhältnismäßig gering ist. Im nächsten parallel hierzu ausgerichteten Flächenabschnitt, der beispielsweise im Abstand x_1 von der Schmalfäche beginnt, ist der mittlere Abstand der Partikel pro Flächeneinheit kleiner als im ersten Flächenabschnitt und damit die Störung der Totalreflexion stärker ausgeprägt. In einem dritten Flächenabschnitt, beginnend im Abstand x_2 von der betreffenden Schmalfäche, ist der mittlere Abstand der Partikel pro Flächeneinheit wiederum geringer, d. h. es sind mehr Partikel pro Flächeneinheit vorhanden, was zur Folge hat, daß die Totalreflexion in diesem Bereich noch stärker gestört wird. Das setzt sich in dieser Weise über die gesamte zweite Großfläche fort, wobei der am weitesten von der betreffenden Schmalfäche entfernte Flächenabschnitt die größte Dichte an Partikeln pro Flächeneinheit aufweist und damit auch das Störvermögen dort am ausgeprägtesten ist.

Damit ist zwar nahe der Schmalfäche, in die das Licht eingestrahlt wird, die Totalreflexion am wenigsten gestört, jedoch wird aufgrund der dort noch vorhandenen größeren Lichtintensität ein ausreichend großer Anteil des Lichtes durch die abstrahlende Großfläche ausgekoppelt. Mit zunehmender Entfernung von der Schmalfäche und mit zunehmender Dichte der Partikel in der Beschichtung wird die Totalreflexion jedoch progressiv zunehmend stärker gestört, so daß in jedem der Bereiche der abstrahlenden Großfläche, die diesen Flächenabschnitten gegenüberliegen, trotz der dort bereits geringeren Lichtintensität effektiv ein etwa ebenso großer Anteil an Licht ausgekoppelt wird, wie nahe der Schmalfäche.

Auf diese Weise kann eine nahezu homogen leuchtende Großfläche erzielt werden, die mindestens die dreifache meßbare Leuchtdichte pro Flächeneinheit aufweist, als dies bei vergleichbaren Planbeleuchtungsquellen aus dem Stand der Technik der Fall ist. Dies macht sich insbesondere bei sehr großflächigen Lichtleitern bemerkbar, was für Großbilddarstellungen von Vorteil ist.

Eine noch weitere Steigerung der Helligkeit ist mit einer weiteren Ausgestaltungsvariante möglich, bei der das Störvermögen der Beschichtung mit wachsenden Abständen x_1 und x_2 , ausgehend von zwei Schmalfächen, in die jeweils Licht eingekoppelt wird, zunehmend stärker ausgebildet ist. Dabei kann es sich um zwei Schmalfächen handeln, die sich am Lichtleiter parallel gegenüberliegen. Auch in diesem Falle kann die Beschichtung so ausgebildet sein, daß das Störvermögen progressiv in parallel zueinander und zu den Schmalfächen ausgerichteten streifenförmigen Abschnitten zunimmt, und zwar bis zu einem Maximum, das etwa in

Mitte der Längsausdehnung der zweiten Großfläche liegt.

Bevorzugt ist als Beschichtung ein Lack außen auf die zweite Großfläche aufgebracht. Hierdurch ergeben sich einfache Möglichkeiten für das Aufbringen der Beschichtung, die sich technologisch bereits bewährt haben und die eine für viele Anwendungszwecke ausreichende Beschichtung ergeben. Dabei ist die örtliche Lackdichte ein Äquivalent für das Störvermögen an diesem Ort. Die Lackdichte kann nach der Funktion $d = f(x)$ definiert sein, wobei x das Maß für den Abstand von der Schmalfäche ist, in die das Licht eingekoppelt wird, während d einem Dichtewert entspricht. Dabei gilt beispielsweise $d = 1$ für einen vollständig lackierten Bereich und $d = 0$ für einen unlackierten Bereich der zweiten Großfläche.

In vorteilhafter Ausgestaltung kann als Dichtefunktion

$$d = f(x) = a_3 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0$$

vorgegeben sein, wobei die Parameter a_0 , a_1 , a_2 und a_3 wählbar sind. Beispielsweise haben sich die Parameter $a_0 = 0$, $a_1 = 4$, $a_2 = -4$ und $a_3 = 0$ bewährt.

Dabei beschränkt sich diese Ausgestaltung der Erfindung nicht zwangsläufig nur auf Polynome dritten Grades; in einzelnen Anwendungsfällen kann es durchaus auch sinnvoll sein, eine Dichtefunktion in Form eines Polynoms höheren als des dritten Grades anzustreben.

Es ist eine weitere Ausgestaltung derart denkbar, daß die Dichte d nicht nur in Abhängigkeit von dem Abstand x von der Schmalfäche, in die das Licht eingekoppelt wird, vorgegeben ist, sondern auch in Abhängigkeit von der senkrecht dazu verlaufenden Koordinate y . Dann ist beispielsweise die Lackdichte nach der Funktion $d = f(x, y)$ definiert, wobei x wie schon vorbeschrieben ein Maß für den Abstand von der Schmalfäche ist, in die das Licht eingekoppelt wird, y jedoch ein Maß für eine Position senkrecht zu diesem Abstand. Damit kann für jeden Ort x, y auf der zweiten Großfläche die Dichte der Beschichtung vorgegeben werden und Einfluß genommen werden auf die Lichtmenge, die in einem gegenüberliegenden Bereich durch die abstrahlende Großfläche austritt.

Die Dichtefunktion $d = f(x, y)$ kann vor allem dann von Interesse sein, wenn ein ganz bestimmtes Leuchtdichteprofil über die abstrahlende Großfläche hinweg erzeugt werden soll. So läßt sich mit der Funktion $d = 1$ für $[0,4 < x < 0,6]$ und $0,4 < y < 0,6$, sonst $d = 0$, ein besonders heller Fleck etwa in der Mitte der abstrahlenden Großfläche erzielen, wenn die Werte x bzw. y auch hier normiert sind, d. h. wenn beispielsweise gilt $x_{\min} = y_{\min} = 0$, $x_{\max} = y_{\max} = 1$. Auf diese Weise können sehr hohe Leuchtdichten in diesem mittleren Fleck erreicht werden.

Das Aufbringen des Lackes außen auf die zweite Großfläche kann durch ein übliches Druckverfahren, z. B. durch Siebdruck, erfolgen, indem ein der Dichtefunktion entsprechendes Bild erzeugt werden, das die gesamte zweite Großfläche einschließt, wobei auch hier wieder $d = 1$ für eine volllackierte Flächeneinheit und $d = 0$ eine nicht mit Lack versehene Flächeneinheit gilt. Der Erzeugung dieses Bildes kann gegebenenfalls eine Gradationskurve zugrunde gelegt werden.

In einer abgewandelten Ausführung kann die gesamte zweite Großfläche von außen homogen lackiert, d. h. mit einer Beschichtung gleichmäßiger Dichte versehen sein. Dann wird besonders viel Licht durch die abstrahlende Großfläche ausgekoppelt, wobei allerdings Inhomogenitäten auftreten, da nahe der einstrahlenden Lichtduelle die Intensität größer ist.

In einer weiteren besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Beschichtung aus einer Viel-

zahl von Partikeln mit höherem und Partikeln mit geringerem Störvermögen gebildet ist, die in vorgegebenen Mengenverhältnissen zueinander stehen, wobei in Flächenbereichen, in denen die Totalreflexion stärker gestört werden soll, die Partikel mit höherem Störvermögen und in Flächenbereichen, in denen die Totalreflexion weniger stark gestört werden soll, die Partikel mit geringerem Störvermögen überwiegen. Sehr vorteilhaft lassen sich als Partikel mit höherem Störvermögen matte Silberteilechen und als Partikel mit geringerem Störvermögen glänzende Silberteilechen verwenden.

Weiterhin kann vorgesehen sein, daß von der Beschichtung Teilbereiche ausgespart sind und die zweite Großfläche in diesen Teilbereichen eine möglichst hohe Lichtdurchlässigkeit aufweist. In besonderen Fällen können diese Teilbereiche in regelmäßigen, frei wählbaren Mustern angeordnet sein.

In einer besonderen Weiterentwicklung der Erfindung ist das Wellenlängenfilterarray auf seiner der Bildwiedergabeeinrichtung zugewandten Seite mit spiegelnden oder streuenden Oberflächenelementen versehen und mindestens eine Lichtquelle ist vorhanden, deren Strahlung in der ersten Betriebsart nur auf die Seite des Wellenlängenfilterarrays mit den spiegelnden oder streuenden Oberflächenelementen gerichtet ist, in der zweiten Betriebsart nur auf die dem Betrachter abgewandte Seite des Wellenlängenfilterarrays gerichtet ist und in der dritten Betriebsart lediglich auf ausgewählte Bereiche der vom Betrachter abgewandten Seite des Wellenlängenfilterarrays gerichtet ist.

Auch hier wird in der ersten Betriebsart eine dreidimensionale Darstellung erzeugt, da das Beleuchtungslicht sowohl durch das Wellenlängenfilterarray als auch durch die Bildwiedergabeeinrichtung zum Betrachter gelangt. Ist dabei auf dem bilddarstellenden Raster der Bildwiedergabeeinrichtung ein Kombinationsbild aus mehreren Perspektivansichten der Szene/des Gegenstandes dargestellt, entsteht für den Betrachter der dreidimensionale Eindruck aus den bereits ausgeführten Gründen, nämlich weil für jedes Auge des Betrachters, beeinflußt durch die Positionen der Filterelemente relativ zu den Positionen zugeordneter Bildelemente bzw. durch die damit festgelegten Ausbreitungsrichtungen des Lichtes nur zugeordnete Bildinformationen aus den Perspektivansichten sichtbar sind.

In der zweiten Betriebsart dagegen tritt das Beleuchtungslicht nicht durch die Filterelemente und nachfolgend durch die Bildelemente hindurch, sondern trifft auf die dem Betrachter zugewandte Seite des Wellenlängenfilterarrays, dort auf die spiegelnden oder streuenden Oberflächenelemente und wird infolgedessen von dieser Seite des Wellenlängenfilterarrays in Richtung auf die Bildwiedergabeeinrichtung reflektiert bzw. gestreut, tritt dort durch die transluzenten Bildelemente hindurch und erreicht beide Augen des Betrachters. Damit tritt eine Richtungsselektion bzw. eine Zuordnung von Bildinformationen zu dem rechten oder linken Auge des Betrachters nicht ein, was zur Folge hat, daß die Darstellung der Szene/des Gegenstandes vom Betrachter nicht dreidimensional, sondern zweidimensional wahrgenommen wird.

Auf diese Weise ist es mit verhältnismäßig einfachen Mitteln möglich, eine ganzflächig zweidimensionale Darstellung oder eine ganzflächig dreidimensionale Darstellung der Szene/des Gegenstandes zu erzeugen.

Wird nun analog zu der bereits weiter oben beschrieben Ausgestaltung ein Raster aus einzeln ansteuerbaren Shutterelementen angeordnet, wobei die Shutterelemente zumindest etwa der Größe eines Filterelementes bzw. eines Bildelementes entsprechen, so wird auch hier erreicht, daß das auf die Oberflächenelemente gerichtete Beleuchtungslicht

durch Ansteuerung vorgegebener Shutterelemente abschnittsweise abgeblockt werden kann.

Wird mit dieser Anordnung in einer dritten Betriebsart lediglich ein einer Anzahl von nicht angesteuerten ("ungeöffneten") Shutterelementen entsprechender Flächenbereich des Wellenlängenfilterarrays beleuchtet, gelangt dort das Licht wie in der ersten Betriebsart auf die Rückseite der Bildwiedergabeeinrichtung, tritt durch die transluzenten Bildelemente hindurch und erreicht ohne Richtungsselektion beide Augen des Betrachters. Der Betrachter nimmt einen diesem Flächenabschnitt entsprechenden Bildausschnitt zweidimensional wahr.

Dagegen tritt das Licht durch die übrigen angesteuerten ("geöffneten") Shutterelemente, danach durch das Wellenlängenfilterarray und auch durch die Bildwiedergabeeinrichtung hindurch, wobei der Betrachter die diesen Flächenabschnitten entsprechenden Bildausschnitte dreidimensional wahrnimmt.

Auf diese Weise ist es mit verhältnismäßig einfachen Mitteln auch hier möglich, gleichzeitig eine bildausschnittsweise zweidimensionale bzw. dreidimensionale Darstellung der Szene/des Gegenstandes zu erzeugen.

Das Beleuchtungslicht kann von zwei voneinander unabhängigen Lichtquellen ausgehen, wobei die Strahlung von einer der ersten beiden Lichtquellen ausschließlich auf die dem Betrachter abgewandte Seite und die Strahlung der zweiten Lichtquelle lediglich auf die dem Betrachter zugewandte und mit Oberflächenelementen versehene Seite des Wellenlängenfilterarrays gerichtet ist.

Um das Beleuchtungslicht in der angegebenen Weise auf das Wellenlängenfilterarray bzw. auf die Bildwiedergabeeinrichtung richten zu können, kann jeder der beiden Lichtquellen ein ansteuerbarer Ein-/Ausschalter zugeordnet sein. Die Ansteuerung der Ein-/Ausschalter bzw. der Shutterelemente, die Teile eines LC-Shutters sein können, kann mittels PC und entsprechender Software, die die Schaltzustände für die gewünschten Betriebsarten vorgibt, vorgenommen werden.

Denkbar ist es auch, anstelle der beiden getrennt schaltbaren Lichtquellen nur eine Lichtquelle vorzusehen und schwenkbar gelagerte Reflektoren anzuordnen, durch die in einer ersten Schwenkposition die von dieser Lichtquelle ausgehende Strahlung nur auf die vom Betrachter abgewandte Seite des Wellenlängenfilterarrays, in einer zweiten Schwenkposition nur auf die Seite des Wellenlängenfilterarrays mit den spiegelnden oder streuenden Oberflächenelementen und in einer dritten Schwenkposition die von dieser Lichtquelle ausgehende Strahlung sowohl auf die vom Betrachter abgewandte Seite des Wellenlängenfilterarrays als auch auf die Seite des Wellenlängenfilterarrays mit den spiegelnden oder streuenden Oberflächenelementen gerichtet ist. Damit und in Verbindung mit ansteuerbaren Shuttern, die im Strahlengang zwischen der Lichtquelle und den Reflektoren positioniert sind, lassen sich die genannten drei Betriebsarten realisieren.

Bevorzugt ist das Wellenlängenfilterarray als statisches Filter ausgeführt und die reflektierenden bzw. streuenden Oberflächenelemente sind ausschließlich auf den opaken Flächenbereichen des statischen Filters positioniert.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel für den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemäßen Anordnung zur wahlweise ganzflächigen zwei- oder dreidimensionalen Darstellung mit einer Bildwiedergabeeinrichtung, einem Wellenlängenfilterarray und mit Planbeleuchtungsquellen;

Fig. 2 einen stark vergrößerten Ausschnitt aus der Bild-

struktur der Bildwiedergabeeinrichtung;

Fig. 3 einen stark vergrößerten Ausschnitt aus der Struktur des Wellenlängenfilterarrays;

Fig. 4 ein Beispiel für den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemäßen Anordnung zur wahlweise ganzflächig zweidimensionalen, ganzflächig dreidimensionalen oder bildausschnittsweise zwei- bzw. dreidimensionalen Darstellung;

Fig. 5 die Ausgestaltung einer der Planbeleuchtungsquellen als flächiger Lichtleiter mit einer Lichtquelle;

Fig. 6 ein Beispiel für eine mögliche Strukturierung der Dichte d der Beschichtung bei der Planbeleuchtungsquelle nach Fig. 5 in stark vergrößerter Darstellung;

Fig. 7 ein Beispiel für die Ausstattung der Planbeleuchtungsquelle nach Fig. 5 mit einer weiteren Lichtquelle zur Einkopplung von Licht in den Lichtleiter;

Fig. 8 ein Beispiel für eine mögliche Strukturierung der Dichte d der Beschichtung in der Planbeleuchtungsquelle nach Fig. 7 in stark vergrößerter Darstellung;

Fig. 9 bis Fig. 11 Beispiele für unterschiedliche Dichteverteilungen über die zweite Großfläche hinweg bei Ausführung der Planbeleuchtungsquelle gemäß Fig. 5 und Beschichtung nach Fig. 6;

Fig. 12 ein Beispiel für die Dichteverteilung über die zweite Großfläche hinweg bei Ausführung der Planbeleuchtungsquelle gemäß Fig. 7 und Beschichtung nach Fig. 8;

Fig. 13 ein Beispiel für den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemäßen Anordnung nach Fig. 4 mit integrierter Planbeleuchtungsquelle in der Ausgestaltung nach Fig. 5, jedoch ohne Beschichtung 10;

Fig. 14 ein Beispiel für die erfindungsgemäße Anordnung von streuenden oder spiegelnden Oberflächenelementen auf dem Wellenlängenfilterarray;

Fig. 15 ein weiteres Ausgestaltungsbeispiel der erfindungsgemäßen Beleuchtungsanordnung mit streuenden oder spiegelnden Oberflächenelementen, einer flächigen Lichtquelle und mit Reflektoren.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Anordnung zur wahlweise ganzflächig zwei- oder dreidimensional wahrnehmbaren Darstellung von Bildern einer Szene oder eines Gegenstandes. Aus Blickrichtung 8 eines Betrachters aufeinander folgend sind hier symbolisch gezeichnet: eine Bildwiedergabeeinrichtung 1, die aus einer Vielzahl von transluzenten Bildelementen besteht, auf denen Bildinformationen aus mehreren Perspektivansichten der Szene/des Gegenstandes darstellbar sind; eine zur Beleuchtungsanordnung gehörende erste Planbeleuchtungsquelle 2; ein Wellenlängenfilterarray 3, das aus einer Vielzahl von in vorgegebenen Wellenlängenbereichen lichtdurchlässigen Filterelementen besteht und eine zur Beleuchtungsanordnung gehörende zweite Planbeleuchtungsquelle 4.

Das Wellenlängenfilterarray 3 besteht aus einer Vielzahl von Filterelementen mit etwa den Abmessungen 0,99 mm (Breite) und 0,297 mm (Höhe). Diese Abmessungen sind abgestimmt auf ein Farb-LC-Display "Batron BT 63212", das beispielhaft als Bildwiedergabeeinrichtung 1 dienen soll. Der Abstand zwischen Bildwiedergabeeinrichtung 1 und Wellenlängenfilterarray 3 beträgt im gewählten Beispiel etwa 2 mm.

Die ebenfalls symbolisch angedeutete Ansteuerschaltung 5 hat die Funktion eines Zeichners, die darin besteht, auf der Bildwiedergabeeinrichtung 1 anzuzeigende Kombinationsbilder aus mehreren Ansichten, insbesondere Perspektivansichten der darzustellenden Szene bzw. des Gegenstandes, zu generieren. Diese Kombinationsbilder können sowohl Standbilder oder gegebenenfalls auch bewegte, sich in vorgegebenen kurzen Zeittakten ändernde und dabei flimmerfrei generierte Bilder sein. Außerdem veranlaßt die Ansteu-

erschaltung 5 das Ein-/Ausschalten der beiden Planbeleuchtungsquellen 2 und 4, denen zu diesem Zweck jeweils gesondert ansteuerbare Ein-/Ausschalter zugeordnet sind (zeichnerisch nicht dargestellt).

Je nach Vorgabe durch die Ansteuerschaltung 5 ist die Umschaltung zwischen mehreren unterschiedlichen Betriebsarten möglich, bei denen das Beleuchtungslicht entweder zwecks zweidimensionaler Darstellung ausschließlich nur durch die Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung 1, nicht jedoch durch Filterelemente des Wellenlängenfilterarrays 3 hindurch zum Betrachter gelangt oder zwecks dreidimensionaler Darstellung durch die Filterelemente des Wellenlängenfilterarray 3 und nachfolgend auch noch durch die Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung 1 hindurch zum Betrachter gelangt.

Fig. 2 zeigt beispielhaft einen stark vergrößerten Ausschnitt der Bildstruktur der Bildwiedergabeeinrichtung 1 mit der Vielzahl von Bildelementen. Jedes der in Fig. 2 in Form von Quadraten dargestellte Subpixel hat in bezug auf eine Perspektivansicht stets exakt die gleiche Position i, j , innerhalb des Bildrasters aus Zeilen und Spalten. Dabei werden dem zu generierenden Kombinationsbild acht Perspektivansichten zugrunde gelegt, d. h. die Bildinformationen, die auf den einzelnen Bildelementen wiederzugeben sind, werden aus acht Perspektivansichten bezogen und zu einem Gesamtbild kombiniert, das in seiner flächigen Ausdehnung der Bildwiedergabeeinrichtung entspricht. Die in die Bildelemente eingetragenen Ziffern 1 bis 8 bezeichnen jeweils eine der acht Perspektivansichten, aus denen die jeweilige Bildinformation stammt. Das wesentlich vergrößert dargestellte Raster aus Bildelementen hat entsprechend dem verwendeten Farb-LC-Display insgesamt beispielsweise 1024 Spalten und 768 Zeilen.

Um zu gewährleisten, daß der Betrachter stets gleichzeitig Bildinformationen aus unterschiedlichen Ansichten, d. h. aus unterschiedlichen Bildkanälen sieht, wird das Wellenlängenfilterarray 3 in Abhängigkeit von den einzelnen Bildelementen der Bildwiedergabeeinrichtung 1, die bevorzugt Pixel- oder Subpixelgröße haben, so strukturiert, wie dies beispielhaft Fig. 3 dargestellt ist.

Fig. 3 zeigt einen ebenfalls stark vergrößerten Ausschnitt der Struktur des Wellenlängenfilterarrays 3. Während in Fig. 2 jedes Quadrat einem Bildelement in Pixel- oder Subpixelgröße entspricht, soll in Fig. 3 jedes Quadrat einem Filterelement entsprechen. Die einzelnen Filterelemente sind nach ihrer Durchlässigkeit für bestimmte Wellenlängenbereiche gekennzeichnet, d. h. die mit R' gekennzeichneten Filterelemente sind lediglich im Bereich des roten Lichtes, die mit G' gekennzeichneten Filterelemente lediglich im Bereich des grünen Lichtes und die mit B' gekennzeichneten Filterelemente lediglich im Bereich des blauen Lichtes durchlässig. Mit S sind Filterelemente gekennzeichnet, die (im sichtbaren Spektralbereich) lichtundurchlässig sind. Die Rasterung der Filterelemente und der Bildelemente sind bezüglich ihrer Abmessungen zueinander proportional oder identisch.

Fig. 4 zeigt einen Aufbau der erfindungsgemäßen Anordnung, mit der die Szene/der Gegenstand wahlweise ganzflächig zweidimensional, ganzflächig dreidimensional oder bei Bedarf auch bildausschnittsweise zwei- bzw. dreidimensional wiedergegeben werden kann. Hier ist zwischen der Planbeleuchtungsquelle 4 und dem Wellenlängenfilterarray 3 ein Shutter 6, bestehend aus einer Vielzahl einzeln ansteuerbarer Shutterelemente, zugeordnet, wobei je nach Anzahl der angesteuerten Shutterelemente der Weg des von der zweiten Planbeleuchtungsquelle 4 erzeugten Beleuchtungslichtes durch eine größere oder kleinere Anzahl von Filterelementen hindurch unterbrochen oder freigegeben werden kann.

Im folgenden soll davon ausgegangen werden, daß angesteuerte Shutterelemente den Lichtweg "öffnen", während nicht angesteuerte Shutterelemente den Lichtweg "sperrn".

Beim Betreiben der Anordnung ist in einer ersten Betriebsart zwecks zweidimensionaler Darstellung lediglich die erste Planbeleuchtungsquelle 2 eingeschaltet und es gelangt Beleuchtungslicht nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung 1, nicht jedoch durch das Wellenlängenfilterarray 3 hindurch zum Betrachter. In einer zweiten Betriebsart zwecks dreidimensionaler Darstellung ist lediglich die zweite Planbeleuchtungsquelle 4 eingeschaltet, so daß Beleuchtungslicht stets durch das Wellenlängenfilterarray 3 und die Bildwiedergabeeinrichtung 1 hindurch zum Betrachter gelangt.

In einer dritten Betriebsart sind beide Planbeleuchtungsquellen eingeschaltet, und eine vorgegebene Anzahl von Shutterelementen ist angesteuert, so daß das Beleuchtungslicht in Bereichen der angesteuerten und damit den Lichtweg freigebenden Shutterelemente sowohl durch die Filterelemente als auch durch die zugeordneten Bildelemente hindurch zum Betrachter gelangt, während das Beleuchtungslicht in Bereichen der nicht angesteuerten (den Lichtweg "sperrenden") Shutterelemente nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung 1 hindurch zum Betrachter gelangt.

Dadurch ist die Szene/der Gegenstand in den Bereichen der nicht angesteuerten Shutterelemente zweidimensional, dagegen in den Bereichen der angesteuerten Shutterelemente dreidimensional wahrnehmbar. Eine Voraussetzung hierzu ist allerdings, daß die Planbeleuchtung 4 eine deutliche höhere Leuchtdichte pro Flächeneinheit liefert, als die Planbeleuchtung 2, was beispielsweise mittels Dimmer erreicht werden kann.

In Fig. 5 ist die Planbeleuchtungsquelle 2 in einer Ausführung dargestellt, die eine Lichtquelle 7 und einen planar Lichtleiter 8 umfaßt. Der Lichtleiter 8 ist durch zwei einander gegenüberliegende Großflächen 8.1 und 8.2 sowie durch umlaufende Schmalflächen 8.3 und 8.4 begrenzt, von denen in Fig. 5 lediglich die Schnitte zu sehen sind. Die zwei weiteren den Lichtleiter 2 begrenzenden Schmalflächen sind parallel unterhalb und oberhalb der Zeichenebene vorstellbar.

Die Lichtquelle 7 ist beispielsweise eine stabförmige Lampe, deren Längsausrichtung senkrecht zur Zeichenebene ausgerichtet ist. Sie ist so positioniert, daß die von ihr ausgehende Strahlung durch die Schmalfläche 8.3 hindurch in den Lichtleiter 8 eingekoppelt wird. Die eingekoppelte Strahlung wird zu einem Anteil L_1 innerhalb des Lichtleiters hin- und herreflektiert und zu einem Anteil L_2 als Nutzlicht über die Großfläche 8.1 abgestrahlt. Im gesonderten Falle kann die der Einkopplung gegenüber liegende Schmalfläche 8.4 reflektierend ausgebildet sein, so daß dorthin gerichtete Strahlung in den Lichtleiter zurückgeworfen wird.

Der Lichtquelle 7 kann in einer bevorzugten Ausgestaltung noch ein Reflektor 9 zugeordnet sein, der zur Erhöhung der Intensität der auf die Schmalfläche 8.3 gerichteten und in den Lichtleiter 8 eingekoppelten Strahlung beiträgt.

Um nun die Lichtdichteverteilung über die abstrahlende Großfläche 8.1 hinweg in einem vorgegebenen Maß beeinflussen zu können, ist erfindungsgemäß auf der der abstrahlenden Großfläche 8.1 gegenüberliegenden Großfläche 8.2 eine die Totalreflexion störende Beschichtung 10 vorgesehen, die aus einzelnen Partikeln besteht und deren Störvermögen über die flächige Ausdehnung der Großfläche 8.2 hinweg zwischen zwei Grenzwerten inhomogen ist. Die Grenzwerte des Störvermögens sind mit der Dichte d der Beschichtung 10 bestimmt, wobei die Dichte d ein Maß für den mittleren Abstand der Partikel zueinander pro Flächeneinheit ist.

Fig. 6 zeigt ein Beispiel dafür, wie die Dichte d der Beschichtung 10 und damit deren Störvermögen über die Großfläche 8.2 hinweg strukturiert sein kann. In der Zeichnung sind die Streifen sehr breit dargestellt, um das Prinzip zu erläutern. Die Streifenbreite ist in der physischen Ausführung vorzugsweise deutlich geringer. Die Großfläche 8.2 ist hier senkrecht zur Blickrichtung B dargestellt.

Die über die Großfläche 8.2 hinweg unterschiedliche Dichte d ist durch Schraffuren mit unterschiedlichem Abstand der Schraffurlinien symbolisiert. Es sei angenommen, daß die Flächenbereiche mit größeren Abständen zwischen den Schraffurlinien eine geringere Dichte d und damit ein geringeres Störvermögen, dagegen die Flächenabschnitte mit geringeren Abständen zwischen den Schraffurlinien eine größere Dichte d und ein ausgeprägteres Störvermögen der Beschichtung 10 angeben.

Aus Fig. 6 geht im Hinblick auf Fig. 5 hervor, daß nahe der Schmalfläche 8.3, durch welche das Licht in den Lichtleiter 8 eingekoppelt wird, die Dichte d bzw. das Störvermögen gering, mit wachsendem Abstand x von dieser Schmalfläche 8.3 jedoch progressiv von Flächenabschnitt zu Flächenabschnitt zunehmend stärker ausgebildet ist.

Dies hat zur Folge, daß in der Nähe der Schmalfläche 8.3 aufgrund der geringsten Dichte d die Totalreflexion am wenigsten gestört wird, trotzdem aber infolge der dort noch hohen Lichtintensität ein Anteil L_2 des Lichtstromes aus der Großfläche 8.1 austritt, der ebenso groß ist wie der durch die Großfläche 8.1 hindurchtretende Lichtstrom in größerer Entfernung x von der Schmalfläche 8.3, da mit zunehmender Entfernung x zwar die Lichtintensität geringer, aufgrund der zunehmenden Störung der Totalreflexion aber mehr Licht durch die abstrahlende Großfläche 8.1 ausgekoppelt wird.

Mit anderen Worten: mit zunehmendem Abstand x von der Schmalfläche 8.3 nimmt zwar die Lichtintensität ab, jedoch das Störvermögen der Beschichtung 10 zu, was bei entsprechender Auslegung der Dichte d dazu führt, daß über die gesamte Großfläche 8.1 hinweg das Licht mit nahezu gleicher Intensität abgestrahlt wird.

Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem eine weitere Lichtquelle 11 vorgesehen ist und die von der Lichtquelle 11 ausgehende Strahlung noch zusätzlich, und zwar durch die Schmalfläche 8.4, in den Lichtleiter 8 eingekoppelt wird. Um in diesem Falle eine Vergleichmäßigung der Lichtabstrahlung über die Großfläche 8.1 zu erzielen, ist in einer Ausgestaltung vorgesehen, die zweite Großfläche 8.2 mit einer Beschichtung 10 zu versehen, deren Störvermögen in diesem Falle von beiden Schmalflächen 8.3 und 8.4 ausgehend zur Mitte des Lichtleiters 8 hin bis zu einem gemeinsamen Maximum zunehmend stärker ausgebildet ist. Dies ist anhand Fig. 8 dargestellt.

Auf diese Weise wird erreicht, daß mit zunehmenden Abständen x von den Schmalflächen 8.3 und 8.4 durch die Beschichtung 10 die Totalreflexion von Flächenabschnitt zu Flächenabschnitt stärker gestört und so dafür gesorgt wird, daß trotz zur Flächenmitte hin abnehmender Lichtintensität noch etwa die gleiche Lichtmenge durch die Großfläche 8.1 als Nutzlicht abgestrahlt wird wie nahe der Seitenflächen 8.3 und 8.4.

Die aus einer Vielzahl einzelner Partikel bestehende Beschichtung 10 kann durch unterschiedliche Materialien realisiert werden. So ist es beispielsweise denkbar, daß Partikel mit höherem und Partikel mit geringerem Störvermögen vorgesehen sind und diese beiden Arten von Partikeln in einem vorgegebenen Mengenverhältnis auf die Großfläche 8.2 aufgebracht werden. Dabei überwiegen in Flächenbereichen, in denen die Totalreflexion stärker gestört werden soll, Partikel mit höherem Störvermögen und in Flächenberei-

chen, in denen die Totalreflexion weniger stark gestört werden soll, die Partikel mit geringerem Störvermögen. Beispielsweise können die Partikel mit höherem Störvermögen matte Silberpartikel und die Partikel mit geringerem Störvermögen glänzende Silberpartikel sein. Diese können mittels Druckverfahren aufgebracht werden, wobei es beispielsweise vorteilhaft ist, wenn in einem ersten Druckvorgang die glänzenden, in einem zweiten Druckvorgang die matten Silberpartikel aufgebracht werden.

Eine alternative Ausführung hierzu, die technologisch einfach herstellbar ist, sieht eine aus einem Lack bestehende Beschichtung 10 vor. In diesem Falle ist die örtliche Lackdichte ein Äquivalent für das Störvermögen an einem betreffenden Ort. Ist beispielsweise die Lackdichte mit der Funktion $d = f(x)$ definiert, ist x wie bereits angegeben das Maß für den Abstand von der Schmalfläche 8.3 und d ein Maß für die Dichte mit den Grenzwerten $d = 0$ und $d = 1$, wobei 1 das Störvermögen bei größter Lackdichte und 0 das Störvermögen bei fehlender Lackschicht angeben. Beispielsweise sind in

$$d = f(x) = a_3 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0$$

die Parameter a_0 , a_1 , a_2 und a_3 wählbar. Als vorteilhafte Parametersätze haben sich im Zusammenhang mit der Anordnung nach Fig. 5 bewährt

$$a_0 = 0; a_1 = 0,5; a_2 = 2; a_3 = -0,5; \quad (1)$$

$$a_0 = 0; a_1 = 0; a_2 = 1; a_3 = 0; \quad (2)$$

$$a_0 = 0; a_1 = 0,5; a_2 = -0,5; a_3 = 1. \quad (3)$$

Für die Anordnung nach Fig. 7 kann vorteilhaft vorgegeben werden

$$a_0 = 0, a_1 = 4, a_2 = -4 \text{ und } a_3 = 0. \quad (4)$$

In Fig. 9 bis Fig. 12 ist für die Parametersätze (1) bis (4) die Dichteverteilung in Abhängigkeit vom Abstand x dargestellt. Die Parameter sind grundsätzlich frei wählbar. Jedoch ist darauf zu achten, daß die Funktion $d = f(x)$ im Definitionsbereich $[x_{\min}, x_{\max}]$ Werte mit $0 \leq d \leq 1$ liefert. Dabei beschreiben die Werte x_{\min} und x_{\max} trivialerweise die horizontale Ausdehnung der zu lackierenden Großfläche 8.2.

Davon ausgehend ist in Fig. 9 bis Fig. 12 jeweils der Wert $x_{\min} = 0$ der Position der Schmalfläche 8.3 und der Wert $x_{\max} = 1$ der Position der Schmalfläche 8.4 zugeordnet. Dabei liegt die geringste Dichte $d_{\min} = 0$ jeweils bei $x_{\min} = 0$, also stets bei der Schmalfläche 8.3 bzw. 8.4, in die Licht eingekoppelt wird. Die maximale Dichte $d_{\max} = 1$ ist stets in der größten Entfernung von der Schmalfläche 8.3 oder 8.4 vorhanden, in die Licht eingekoppelt wird. In Fig. 9 bis Fig. 11 ist das jeweils nur die Schmalfläche 8.3, deshalb liegt hier die Dichte $d_{\min} = 0$ nur bei $x_{\min} = 0$. In Fig. 12 erfolgt die Lichteinkopplung in beide Schmalflächen 8.3 und 8.4; deshalb liegt hier die Dichte $d_{\min} = 0$ bei $x_{\min} = 0$ und bei $x_{\max} = 1$, die Dichte $d_{\max} = 1$ dagegen beim Ort $x = 0,5$.

Werden Lichtquellen 7, 11 verwendet, die in Richtung y (vgl. Fig. 6 und Fig. 8) Licht mit inhomogener Intensität abstrahlen, so kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, die Dichte d nicht nur in Richtung x , sondern auch in Richtung y zu variieren, wodurch die Dichtefunktion dann die Form $d = f(x, y)$ erhält.

Damit wird erreicht, daß innerhalb des Lichtleiters 8 an Orten mit geringerer Lichtintensität die Großfläche 8.2 eine dichtere Beschichtung 10 aufweist, wobei die Totalreflexion dort stärker gestört ist und so die Intensität des durch die

Großfläche 8.1 hindurch abgestrahlten Nutzlichtes erhöht wird. Dagegen ist an Orten höherer Intensität entlang der Koordinate y eine geringere Dichte d und damit ein geringeres Störvermögen vorgesehen, wobei trotzdem eine ausreichende Lichtmenge als Nutzlicht durch die Großfläche 8.1 nach außen gelangt. Es wird also zusätzlich auch in Richtung der Koordinate y eine Vergleichmäßigung der abgestrahlten Lichtmenge erzielt.

Selbstverständlich kann die Störschicht 10 nicht nur dazu genutzt werden, die durch die Großfläche 8.1 abgestrahlte Lichtmenge zu vergleichmäßigen, sondern es kann mit der Variation der Dichte d , wenn diese in entsprechender Weise vorgegeben ist, vor allem auch erreicht werden, daß durch bevorzugte Flächenabschnitte der Großfläche 8.1 Licht mit höherer Lichtintensität abgestrahlt wird als durch nicht bevorzugte Flächenabschnitte. Auf diese Weise lassen sich je nach Vorgabe Lichtstrukturen und Lichtfiguren erzeugen, die sich aufgrund einer größeren oder geringeren Helligkeit von ihrer Umgebung auf der Großfläche 8.1 abheben. So kann in einem einfachen Beispiel ein besonders heller Fleck in der Mitte der abstrahlenden Großfläche 8.1 erzielt werden.

In einer besonderen Ausführung kann beispielhaft die gesamte Großfläche 8.2 homogen lackiert bzw. verspiegelt werden, so daß besonders viel Licht durch die Großfläche 8.1 – dann allerdings nicht mit homogener Verteilung – abgestrahlt wird.

Anhand von Fig. 13 wird im folgenden ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anordnung zur wahlweise dreidimensionalen oder zweidimensionalen Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes ausführlicher erläutert, wobei hier eine Planbeleuchtungsquelle 2 in der Ausführung nach Fig. 5 integriert ist. Die Beschichtung 10 ist in diesem Ausführungsfall nicht zwingend erforderlich. Wird sie jedoch angebracht, dann vorzugsweise unter Verwendung der o. g. Silberpartikel mit unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich der Störung der Totalreflexion. In einer alternativen Ausführung ist es denkbar, die Beschichtung 10 in Form einer zugleich das Filterarray bildenden Lackschicht auszugestalten.

In Fig. 13 sind in der Blickrichtung B eines Betrachters zunächst die Bildwiedergabeeinrichtung 1 in Form eines transluzenten LC-Displays, der Lichtleiter 8, ein Wellenlängenfilterarray 3 und die Planbeleuchtungsquelle 4 angeordnet, wobei letztere beispielsweise als Planon-Lichtkachel (Hersteller "OSRAM") ausgebildet sein kann.

Zur Homogenisierung der Intensität der Strahlung, die von der Planbeleuchtungsquelle 4 ausgeht, ist zwischen dieser und dem Wellenlängenfilterarray 3 eine Streuscheibe 12 eingeordnet.

Fig. 13 zeigt wieder die schon im ersten Ausführungsbeispiel erwähnte, nahe der Schmalfläche 8.3 des Lichtleiters 8 angeordnete Lichtquelle 7 mit dem Reflektor 9 zur Einkopplung der Strahlung in den Lichtleiter 8. Sowohl die Lichtquelle 7 als auch die Planbeleuchtungsquelle 4 sind mit separat ansteuerbaren Ein-/Ausschaltern gekoppelt, wodurch es möglich ist, entweder nur die Lichtquelle 7 oder nur die Planbeleuchtungsquelle 4 oder auch beide zu betreiben. Damit lassen sich wie bereits beschrieben die erste und die zweite Betriebsart realisieren und die Szene/der Gegenstand jeweils ganzflächig zwei- oder dreidimensional darstellen. Die dritte Betriebsart ist, wie ebenfalls bereits dargestellt, mit der separaten Ansteuerung einer Auswahl einzelner Shutterelemente des Shutters 6 möglich (vgl. Beschreibung zu Fig. 2).

In der ersten Betriebsart, in dem die Planbeleuchtungsquelle 4 ein-, dagegen aber die Lichtquelle 7 ausgeschaltet ist, erreicht das Beleuchtungslicht durch das Wellenlängen-

filterarray 7, den Lichtleiter 8 und die Bildwiedergabeeinrichtung 1 hindurch die Augen des Betrachters, wobei beiden Augen, vorgegeben durch die Position p, q der Filterelemente relativ zu den Positionen i, j der zugeordneten Bildelemente, unterschiedliche Bildinformationen angeboten werden und für den Betrachter ein räumlicher Eindruck der auf der Bildwiedergabeeinrichtung dargestellten Szene bzw. des Gegenstandes entsteht.

In der zweiten Betriebsart ist nur die Lichtquelle 7 eingeschaltet, was zur Folge hat, daß ausschließlich Licht zum Betrachter gelangt, das zwar von der Großfläche 8.1 kommt die Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung 1 passiert hat und die Bildinformationen mit sich führt, jedoch nicht das Wellenlängenfilterarray 7 passiert hat. Damit entfällt die Selektion und Richtungsvorgabe für ausgewählte Bildinformationen und deren Zuordnung zu dem rechten oder linken Auge des Betrachters, so daß die Szene/der Gegenstand nicht dreidimensional, sondern zweidimensional wahrgenommen wird.

In der dritten Betriebsart sind die Lichtquelle 7 und die Planbeleuchtungsquelle 4 eingeschaltet. Eine vorgegebene Anzahl von Shutterelementen ist, wie ebenfalls bereits dargelegt, so angesteuert, daß das Beleuchtungslicht in ausgewählten Bereichen sowohl durch die Filterelemente als auch durch die zugeordneten Bildelemente hindurch und demzufolge mit vorgegebener Ausbreitungsrichtung zum Betrachter gelangt, während das Beleuchtungslicht in Bereichen der nicht angesteuerten Shutterelemente nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung, nicht jedoch durch zugeordnete Filterelemente hindurch und demzufolge nicht mit vorgegebener Ausbreitungsrichtung zum Betrachter gelangt. Dadurch ist die Szene/der Gegenstand in Bereichen der nicht angesteuerten Shutterelemente zweidimensional, dagegen in Bereichen der angesteuerten Shutterelemente dreidimensional wahrnehmbar.

Die Beschichtung 10, die in dem hier gewählten Beispiel vorzugsweise aus matten und glänzenden Silberpartikeln gebildet ist, sorgt in diesem Falle dafür, daß möglichst viel Nutzlicht über die Großfläche 8.1 abgestrahlt wird. Die Dichtestruktur der Beschichtung 10 ist beispielsweise so wie in Fig. 6 dargestellt ausgebildet, wodurch erreicht wird, daß die Intensität des über die Großfläche 8.1 abgestrahlten Nutzlichtes über die gesamte Großfläche 8.1 weitestgehend gleichmäßig ist und insofern eine gleichmäßig verteilte Bildhelligkeit gewährleistet ist. Wie weiter oben erwähnt, ist die Beschichtung 10 in diesem Ausführungsbeispiel jedoch nicht zwingend erforderlich.

Zur Vergleichmäßigung der Einkopplung des Lichtes von der Lichtquelle 7 in den Lichtleiter 8 können vor der Schmalfläche 8.3 (nicht dargestellte) Zylinderlinsen oder ebenfalls eine Streuscheibe vorgesehen sein.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel soll nachfolgend anhand Fig. 14 vorgestellt und erläutert werden, wobei auch hierbei die Umschaltung zwischen mindestens zwei Betriebsarten bzw. von einer dreidimensionalen Wiedergabe auf eine zweidimensionale Wiedergabe und umgekehrt möglich ist.

In der Anordnung nach Fig. 14 ist vorgesehen, daß die der Planbeleuchtungsquelle 4 abgewandte Seite eines Wellenlängenfilterarrays 7 mit streuenden Oberflächenelementen 13 beschichtet ist. Die streuenden Oberflächenelemente 13 sind beispielsweise in eine 0,5 mm dicke Scheibe durch Ätzen eingearbeitet und diese (nicht gesondert dargestellte) Scheibe ist mit dem Wellenlängenfilterarray 3 verbunden.

Die Ätzungen sind lediglich in Flächenbereichen vorgesehen, die den in Fig. 3 mit S bezeichneten opaken Filterelementen entsprechen. Die übrigen mit R', G' und B' bezeichneten Filterelemente bleiben von dieser Ätzung bzw. von

streuenden Oberflächenelementen 13 frei und sind insofern ungehindert transparent.

Seitlich neben der so strukturierten Außenfläche des Wellenlängenfilterarrays 3 sind zusätzliche Lichtquellen 14 positioniert, und zwar so, daß die hiervon ausgehende Strahlung auf die streuenden Oberflächenelemente 13 trifft. Auch können den zusätzlichen Lichtquellen 14 Reflektoren 15 zugeordnet sein, die für eine Erhöhung der Intensität der auf die streuenden Oberflächenelemente 13 gerichteten Strahlung sorgen.

Bevorzugt werden als Lichtquellen 14 stabförmige Lampen verwendet, deren Ausdehnung etwa der Längenausdehnung des Wellenlängenfilterarrays 3 senkrecht zur Zeichenebene entspricht. Bei der Positionierung der Lichtquellen 14 ist zu beachten, daß die der Planbeleuchtungsquelle 4 zugewandte Seite der Wellenlängenfilterarrays 3 von diesen nicht beleuchtet wird.

Bei eingeschalteten Lichtquellen 14 trifft das von dort ausgehende Licht auf die streuenden Oberflächenelemente 13 und beleuchtet aufgrund des verhältnismäßig geringen Abstandes von nur 3 mm zwischen Wellenlängenfilterarray 3 und Bildwiedergabeeinrichtung 1 relativ diffus und homogen auch das bilddarstellende Raster der Bildwiedergabeeinrichtung 1.

Auch hier sind die Planbeleuchtungsquelle 4 und die Lichtquellen 14 jeweils getrennt ein- und ausschaltbar, so daß sich wie bereits erwähnt die erste und zweite Betriebsart einstellen läßt.

In der ersten Betriebsart sind lediglich die Lichtquellen 14 eingeschaltet, während die Planbeleuchtungsquelle 4 ausgeschaltet ist. In dieser Betriebsart ist für einen Betrachter das auf der Bildwiedergabeeinrichtung 1 dargestellte Kombinationsbild bzw. die dargestellte Szene zweidimensional wahrnehmbar, da das von der Bildwiedergabeeinrichtung 1 zum Betrachter gelangende Licht bezüglich seiner Richtung nicht durch die Zuordnung von Filterelementen und Bildelementen beeinflusst ist, sondern gleichmäßig die Bildwiedergabeeinrichtung 1 durchstrahlt und das Licht von allen Bildelementen gleichberechtigt die Augen der Betrachters erreicht.

In der zweiten Betriebsart sind die Lichtquellen 14 eingeschaltet. Die Bildwiedergabeeinrichtung 1 wird ausschließlich mittels der Planbeleuchtungsquelle 4 durch das Wellenlängenfilterarray 3 hindurch beleuchtet. In dieser Betriebsart findet eine Richtungsselektion aufgrund der Lagezuordnung von Filterelementen und Bildelementen statt, die wie beschrieben dafür sorgt, daß jedem Auge des Betrachters nur ausgewählte Bildinformationen sichtbar sind und damit der dreidimensionale Eindruck für den Betrachter entsteht.

Um die dritte Betriebsart zu realisieren, kann wieder zwischen der Planbeleuchtungsquelle 4 und dem Wellenlängenfilterarray 3 ein Shutter vorgesehen sein, der aus einer Vielzahl einzeln ansteuerbarer Shutterelemente besteht, die je nach Bedarf vorgegebene Bereiche des Lichtweges sperren oder freigeben. Die Steuerung des Ein- und Ausschaltens der Lampen und der Shutterelemente kann in allen beschriebenen Fällen über Prozessoren mit Hilfe von Software erfolgen. Vorzugsweise ist hierbei die Planbeleuchtungsquelle 4 heller als die Lichtquellen 14, d. h. die resultierende Leuchtdichte pro Flächeneinheit der Planbeleuchtungsquelle 4 ist höher, als die der Lichtquellen 14. Dies kann mittels an in den Versorgungsstromkreis eingeordnete Dimmer erzielt werden.

In einer weiteren Ausgestaltungsvariante dieser Anordnung, die in Fig. 15 dargestellt ist, kann auch vorgesehen sein, daß lediglich die Planbeleuchtungsquelle 4 vorhanden ist und das aus den Schmalflächen der Planbeleuchtungsquelle 4 austretende Licht über seitlich zum Wellenlängen-

filterarray 3 angeordnete Reflektoren 16 auch auf die der Planbeleuchtungsquelle 4 abgewandte Fläche 3.1 des Wellenlängenfilterarrays 3 gelangen kann.

Die Reflektoren 16 sind fest so eingestellt, daß die von den Schmalflächen der Planbeleuchtungsquelle 4 austretende und auf die Reflektoren 16 gerichtete Strahlung stets von diesen umgelenkt und auf die Fläche 3.1 des Wellenlängenfilterarrays 3 gerichtet wird. Zwischen den lichtabstrahlenden Schmalflächen und den Reflektoren 16 sind jeweils ansteuerbare Shutter 17 vorgesehen ist, die diesen Lichtweg je nach Ansteuerung sperren oder freigeben. Bei freigegebenem Lichtweg zu den Reflektoren ist die Szene/der Gegenstand zweidimensional, bei gesperrtem Lichtweg dreidimensional wahrnehmbar.

In einer Variante dieses Ausführungsbeispiels, die zeichnerisch nicht dargestellt ist, fehlen die Shutter 17, jedoch sind die Reflektoren 16 schwenkbar gelagert. Dabei ist die von der Planbeleuchtungsquelle 4 ausgehende Strahlung in einer ersten Schwenkposition nicht auf die Fläche 3.1 des Wellenlängenfilterarrays 3, in einer zweiten Schwenkposition auch auf die Fläche 3.1 des Wellenlängenfilterarrays 3 gerichtet.

Auf diese Weise ist in der ersten Schwenkposition gewährleistet, daß das von der Planbeleuchtungsquelle 4 ausgehende Licht sowohl durch das Wellenlängenfilterarray 3 als auch durch die Bildwiedergabeeinrichtung 1 hindurch zum Betrachter gelangt, während in der zweiten Schwenkposition auch Licht zum Betrachter gelangt, das wie beschrieben nicht von der Zuordnung von Filterelementen zu Bildelementen beeinflusst ist. So ist im ersten Fall die dreidimensionale, im zweiten Fall die zweidimensionale Wahrnehmung möglich.

Wie in der Ausführung nach Fig. 14 können auch hier auf der Fläche 3.1 des Wellenlängenfilterarrays 3, bevorzugt auf den dortigen mit S bezeichneten opaken Flächenbereiche (vgl. Fig. 3), streuende Oberflächenelemente 13 vorgesehen sein, von denen das seitlich eingestrahlte Licht vergleichmäßig auf die Rückseite der Bildwiedergabeeinrichtung 1 und danach durch diese hindurch zum Betrachter gelangt. Anstelle der streuenden Oberflächenelemente können alternativ auch spiegelnde Oberflächenelemente vorgesehen sein.

Im Rahmen der Erfindung liegt es außerdem, wenn auch auf die Seite 3.2 des Wellenlängenfilterarrays 3, die der Planbeleuchtungsquelle 4 zugewandt ist, reflektierende Oberflächenelemente aufgebracht sind, wodurch erreicht wird, daß über einen bestimmten Grenzwinkel hinaus einfallendes Licht von der Fläche 3.2 reflektiert wird, dagegen unter diesem Grenzwinkel, etwa senkrecht einfallendes Licht, transmittiert wird.

Auf diese Weise kann das schräg auf das Wellenlängenfilterarray 3 auftreffende Licht über seitlich angebrachte Reflektoren teilweise zur Beleuchtung der streuenden Oberflächenelemente 13 genutzt werden, während das Wellenlängenfilterarray 3 nach wie vor trotzdem noch durchstrahlt wird.

Bezugszeichenliste

- 1 Bildwiedergabeeinrichtung
- 2 Planbeleuchtungsquelle
- 3 Wellenlängenfilterarray
- 3.1, 3.2 Seiten des Wellenlängenfilterarrays
- 4 Planbeleuchtungsquelle
- 5 Ansteuerschaltung
- 6 Shutter
- 7 Lichtquelle
- 8 Lichtleiter

- 8.1,8.2 Großflächen
- 8.3, 8.4 Schmalflächen
- 9 Reflektor
- 10 Beschichtung
- 11 Lichtquelle
- 12 Streuscheibe
- 13 Oberflächenelemente
- 14 Lichtquellen
- 15, 16 Reflektoren
- 17 Shutter
- a_0, a_1, a_2, a_3 Parameter
- d Dichte
- x Position
- B Blickrichtung
- R', G', B', S Filterelemente
- L_1, L_2 Strahlungsteile

Patentansprüche

1. Anordnung zur Darstellung von Bildern einer Szene oder eines Gegenstandes,

- mit einer Bildwiedergabeeinrichtung (1) aus einer Vielzahl von transluzenten Bildelementen, auf denen Bildinformationen aus mehreren Perspektiven der Szene/des Gegenstandes darstellbar sind,
- mit einem in Blickrichtung eines Betrachters der Bildwiedergabeeinrichtung (1) nachgeordneten Wellenlängenfilterarray (3), das aus einer Vielzahl von in vorgegebenen Wellenlängenbereichen lichtdurchlässigen Filterelementen besteht und
- mit einer Beleuchtungsvorrichtung, wobei in Abhängigkeit von der Beleuchtung der Bildelemente und/oder Filterelemente die Szene/der Gegenstand für den Betrachter zweidimensional oder dreidimensional wahrnehmbar ist,

dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Umschaltung zwischen mehreren unterschiedlichen Betriebsarten vorgesehen sind, bei denen das Beleuchtungslicht entweder

- zwecks zweidimensionaler Darstellung ausschließlich nur durch die Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung (1), nicht jedoch durch Filterelemente des Wellenlängenfilterarrays (3) hindurch zum Betrachter gelangt oder
- zwecks dreidimensionaler Darstellung durch mindestens einen Teil der Filterelemente des Wellenlängenfilterarrays (3) und nachfolgend durch einen zugeordneten Teil der Bildelemente der Bildwiedergabeeinrichtung (1) hindurch zum Betrachter gelangt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Blickrichtung des Betrachters

- zwischen der Bildwiedergabeeinrichtung (1) und dem Wellenlängenfilterarray (3) eine erste Planbeleuchtungsquelle (2) und
- hinter dem Wellenlängenfilterarray (3) eine zweite Planbeleuchtungsquelle (4) vorgesehen sind und
- beide mit separat ansteuerbaren Ein-/Ausschaltern gekoppelt sind.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß

- in einer ersten Betriebsart zwecks zweidimensionaler Darstellung lediglich die erste Planbeleuchtungsquelle (2) eingeschaltet ist und Beleuchtungslicht nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung (1), nicht jedoch durch das Wellenlängen-

- genfilterarray (3) hindurch zum Betrachter gelangt und
- in einer zweiten Betriebsart zwecks dreidimensionaler Darstellung lediglich die zweite Planbeleuchtungsquelle (4) eingeschaltet ist und Beleuchtungslicht stets durch das Wellenlängenfilterarray (3) und die Bildwiedergabeeinrichtung (1) hindurch zum Betrachter gelangt.
4. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Wellenlängenfilterarray (3) ein Shutter (6) aus einer Vielzahl einzeln ansteuerbarer Shutterelemente zugeordnet ist, wobei je nach Anzahl der angesteuerten Shutterelemente der Weg des von der zweiten Planbeleuchtungsquelle (4) erzeugten Beleuchtungslichtes durch eine größere oder kleinere Anzahl Filterelemente hindurch unterbrochen oder freigegeben ist und
- in einer ersten Betriebsart zwecks zweidimensionaler Darstellung lediglich die erste Planbeleuchtungsquelle (2) eingeschaltet ist und Beleuchtungslicht nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung (1), nicht jedoch durch das Wellenlängenfilterarray (3) hindurch zum Betrachter gelangt,
 - in einer zweiten Betriebsart zwecks dreidimensionaler Darstellung lediglich die zweite Planbeleuchtungsquelle (4) eingeschaltet ist und Beleuchtungslicht stets durch das Wellenlängenfilterarray (3) und die Bildwiedergabeeinrichtung (1) hindurch zum Betrachter gelangt und
 - in einer dritten Betriebsart beide Planbeleuchtungsquellen (2, 4) eingeschaltet sind und eine vorgegebene Anzahl von Shutterelementen so angesteuert ist, daß das Beleuchtungslicht in Bereichen der angesteuerten Shutterelemente durch die Filterelemente und die zugeordneten Bildelemente hindurch zum Betrachter gelangt, während das Beleuchtungslicht in Bereichen der nicht angesteuerten Shutterelemente nur durch die Bildwiedergabeeinrichtung (1) hindurch zum Betrachter gelangt, wodurch die Szene/der Gegenstand mit Blick auf die Bereiche der nicht angesteuerten Shutterelemente zweidimensional, dagegen mit Blick auf die Bereiche der angesteuerten Shutterelemente dreidimensional wahrnehmbar ist.
5. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Planbeleuchtungsquelle (2) als plattenförmiger Lichtleiter (8) ausgebildet ist, der von zwei aneinander gegenüberliegenden Großflächen (8.1, 8.2), von denen eine erste zur Bildwiedergabeeinrichtung (1), die zweite zum Wellenlängenfilterarray (3) weist, sowie von umlaufenden Schmalflächen (8.3, 8.4) begrenzt ist und der von mindestens einer Lichtquelle (1) gespeist wird, deren Strahlung durch eine der Schmalflächen (8.3) hindurch in den Lichtleiter (1) eingekoppelt wird und dort teils infolge Totalreflexion an den beiden Großflächen (8.1, 8.2) hin- und herreflektiert und teils als Nutzlicht über die erste Großfläche (8.1) abgestrahlt wird.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Großfläche (8.2) des Lichtleiters (8) mit einer die Totalreflexion störenden Beschichtung (10) aus Partikeln versehen ist, deren Störvermögen über die Ausdehnung der zweiten Großfläche (8.2) hinweg zwischen zwei Grenzwerten inhomogen ist, wobei die Grenzwerte von der Dichte d der Beschichtung (10) abhängig sind und die Dichte d ein Maß für den mittleren Abstand der Partikel pro Flächeneinheit ist.
7. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Störvermögen der Beschichtung (10) mit wachsendem Abstand x von der Schmalfläche (8.3), in die das Licht eingekoppelt wird, zunehmend stärker ausgebildet ist.
8. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Störvermögen mit wachsendem Abstand x in parallel zur Schmalfläche (8.3) ausgerichteten streifenförmigen Flächenabschnitten progressiv zunehmend stärker ausgebildet ist.
9. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Störvermögen der Beschichtung (10) mit wachsenden Abständen x_1, x_2 von zwei Schmalflächen (8.3, 8.4), in die jeweils Licht eingekoppelt wird, zunehmend stärker ausgebildet ist.
10. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwei sich parallel gegenüberliegende Schmalflächen (8.3, 8.4) zur Einkopplung des Lichtes vorgesehen sind und das Störvermögen mit wachsenden Abständen x_1, x_2 in parallel zu den Schmalflächen (8.3, 8.4) ausgerichteten streifenförmigen Flächenabschnitten progressiv bis zu einem gemeinsamen Maximum zunehmend ausgebildet ist.
11. Beleuchtungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Beschichtung (10) ein Lack außen auf die zweite Großfläche (8.2) aufgebracht ist, wobei die örtliche Lackdicke ein Äquivalent für das Störvermögen an diesem Ort ist.
12. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Lackdicke nach der Funktion $d = f(x)$ definiert ist,
- mit x einem Maß für den Abstand von der Schmalfläche (8.3, 8.4), in die das Licht eingekoppelt wird und
 - mit d einem Wert für die Dichte, wobei $d = 1$ für eine vollständig lackierte Fläche und $d = 0$ für eine unlackierte Fläche gilt.
13. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß für die Dichte d die Funktion $d = f(x) = a_3 \cdot x^3 + a_1 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0$ mit wählbaren Parametern a_0, a_1, a_2 und a_3 gilt.
14. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß als Parameter $a_0 = 0, a_1 = 4, a_2 = -4$ und $a_3 = 0$ vorgegeben sind.
15. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Lackdicke nach der Funktion $d = f(x, y)$ definiert ist,
- mit x einem Maß für den Abstand von der jeweiligen Schmalfläche (8.3, 8.4), in die das Licht eingekoppelt wird und
 - mit y einem Maß für eine Position senkrecht zum Abstand x .
16. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenlängenfilterarray (3) auf seiner der Bildwiedergabeeinrichtung (1) zugewandten Seite (3.1) mit spiegelnden oder streuenden Oberflächenelementen (13) versehen ist und mindestens eine Lichtquelle vorhanden ist, deren Strahlung in der ersten Betriebsart nur auf die Seite (3.1) des Wellenlängenfilterarrays (3) mit den spiegelnden oder streuenden Oberflächenelementen (13) gerichtet ist, in der zweiten Betriebsart nur auf die dem Betrachter abgewandte Seite (3.2) des Wellenlängenfilterarrays (3) gerichtet ist.
17. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei voneinander unabhängige Lichtquellen vorgesehen sind, wobei in der ersten Betriebsart die Strahlung von einer dieser Lichtquellen

lediglich auf die dem Betrachter zugewandte und mit
Oberflächenelementen (13) versehene Seite (3.1) des
Wellenlängenfilterarrays (3) und in der zweiten Be-
triebsart die Strahlung einer weiteren Lichtquelle aus-
schließlich auf die dem Betrachter abgewandte Seite (3.2) 5
gerichtet ist, diese Lichtquellen mit separat an-
steuerbaren Ein-/Ausschaltern gekoppelt sind und/oder
in den Beleuchtungsstrahlengängen mindestens einer
der Lichtquellen separat ansteuerbare Shutter zur Un-
terbrechung oder Freigabe des gesamten oder nur von 10
Anteilen des jeweiligen Beleuchtungsstrahlengangs
vorgesehen sind.

18. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekenn-
zeichnet, daß in Blickrichtung hinter dem Wellenlän-
genfilterarray (3) lediglich eine als Planbeleuchtungs- 15
quelle (4) ausgebildete Lichtquelle vorgesehen ist, de-
ren Strahlung in der ersten Betriebsart nur auf die vom
Betrachter abgewandte Seite (3.1) des Wellenlängenfil-
terarrays (3) gerichtet ist und weiterhin Reflektoren
(16) vorhanden sind, durch welche die von der Planbe- 20
leuchtungsquelle (4) ausgehende Strahlung in der
zweiten Betriebsart auch auf die Seite (3.1) des Wellen-
längenfilterarrays (3) mit den spiegelnden oder streuen-
den Oberflächenelementen (13) gerichtet ist.

19. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 18, da- 25
durch gekennzeichnet, daß zwischen dem Wellenlän-
genfilterarray (3) und der Planbeleuchtungsquelle (4)
ein Shutter angeordnet ist, der aus einer Vielzahl von
separat ansteuerbaren Shutterelementen besteht, durch
die in einer dritten Betriebsart lediglich Strahlung auf 30
ausgewählte Bereiche der vom Betrachter abgewand-
ten Seite (3.2) des Wellenlängenfilterarrays (3) gerich-
tet ist.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 16 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, daß die Filterelemente des 35
Wellenlängenfilterarrays (3) als statische Filter ausge-
führt sind und die Oberflächenelemente (13) aus-
schließlich auf den opaken Flächenbereichen des Wel-
lenlängenfilterarrays (3) positioniert sind.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

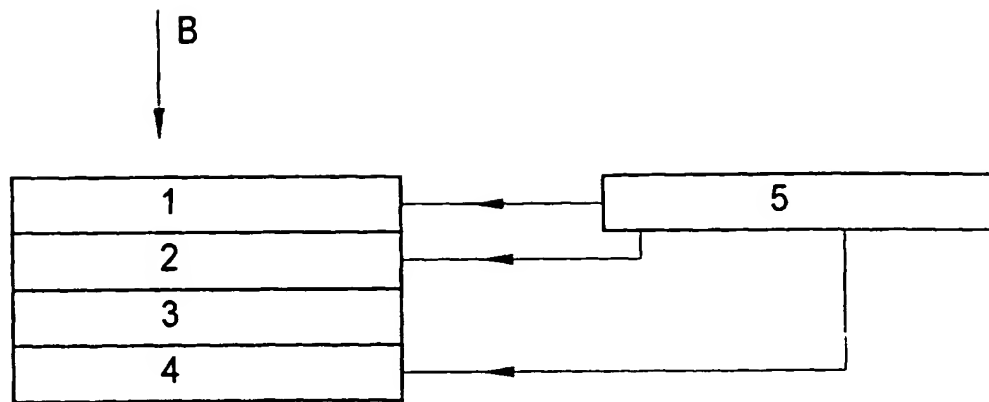


Fig.1

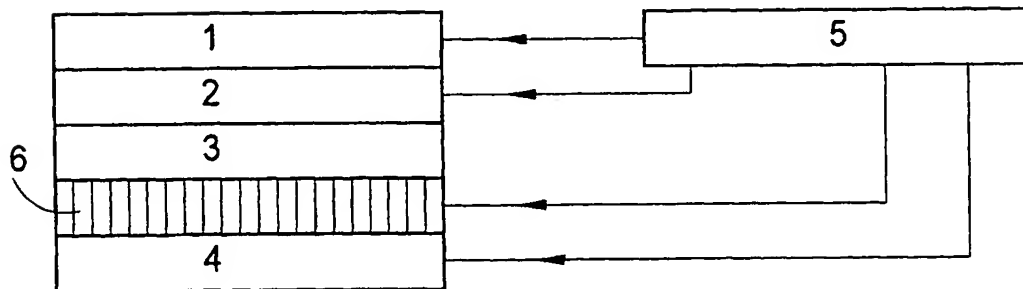


Fig.4

| R | G | B | R | G | B | R | G | B | R | G | B | R | G | B | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 |

Fig.2

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| S | G' | S | S | S | S | S | S | S | R' | S | S | S | S | S | S |
| R' | S | S | S | S | S | S | S | B' | S | S | S | S | S | S | S |
| S | S | S | S | S | S | S | G' | S | S | S | S | S | S | S | R' |
| S | S | S | S | S | S | R' | S | S | S | S | S | S | S | B' | S |
| S | S | S | S | S | B' | S | S | S | S | S | S | S | G' | S | S |
| S | S | S | S | G' | S | S | S | S | S | S | S | R' | S | S | S |
| S | S | S | R' | S | S | S | S | S | S | S | B' | S | S | S | S |
| S | S | B' | S | S | S | S | S | S | S | G' | S | S | S | S | S |
| S | G' | S | S | S | S | S | S | S | R' | S | S | S | S | S | S |
| R' | S | S | S | S | S | S | S | B' | S | S | S | S | S | S | S |
| S | S | S | S | S | S | S | G' | S | S | S | S | S | S | S | R' |
| S | S | S | S | S | S | R' | S | S | S | S | S | S | S | B' | S |
| S | S | S | S | S | B' | S | S | S | S | S | S | S | G' | S | S |
| S | S | S | S | G' | S | S | S | S | S | S | S | R' | S | S | S |
| S | S | S | R' | S | S | S | S | S | S | S | B' | S | S | S | S |
| S | S | B' | S | S | S | S | S | S | S | G' | S | S | S | S | S |

x

y

Fig.3

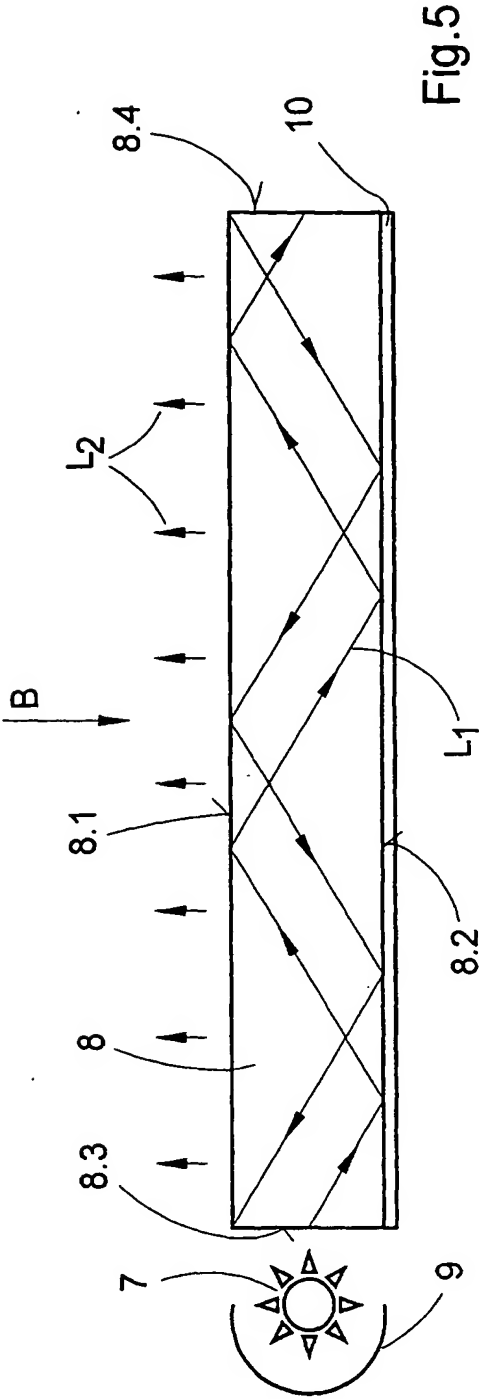


Fig. 5

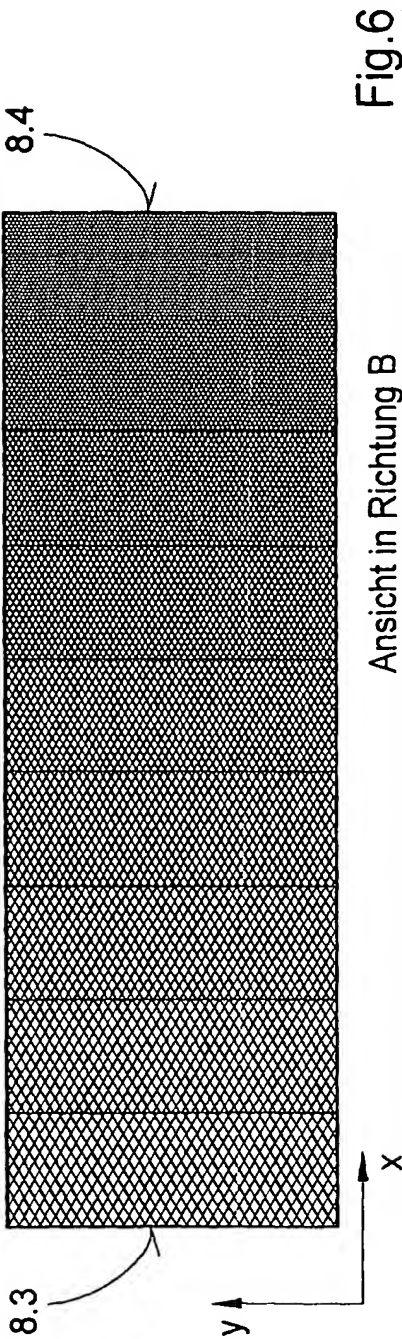
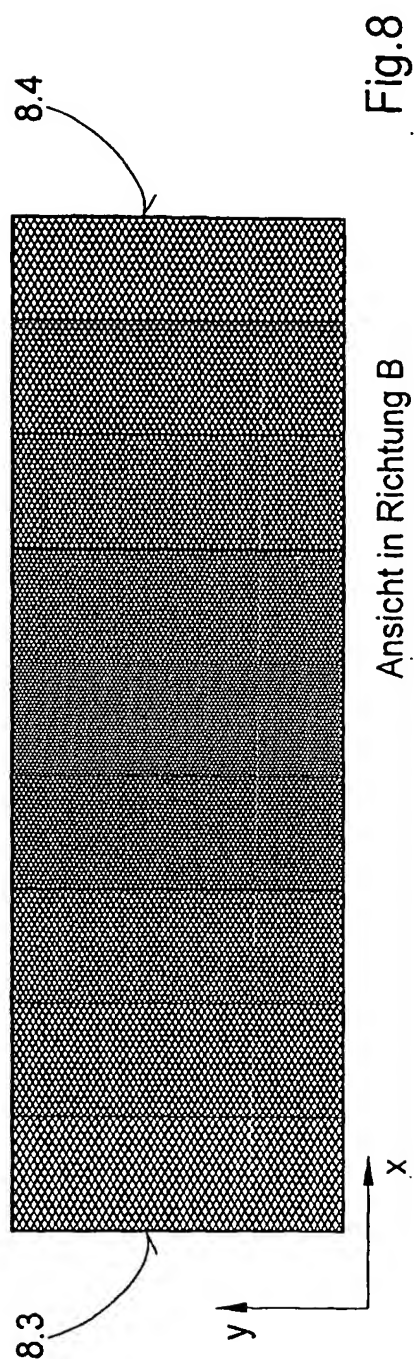
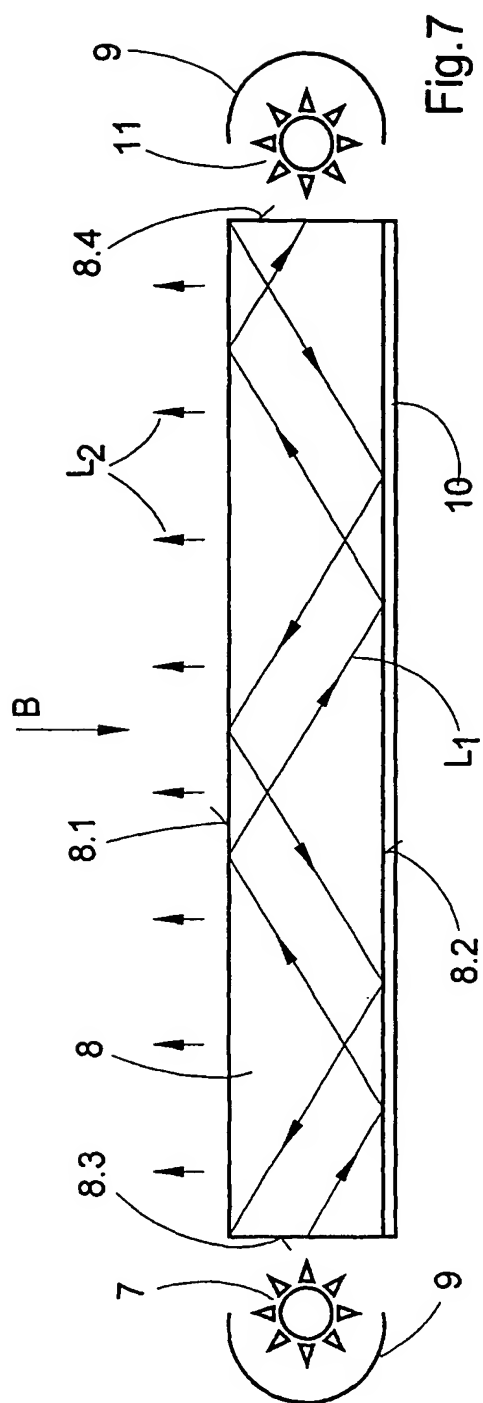


Fig. 6



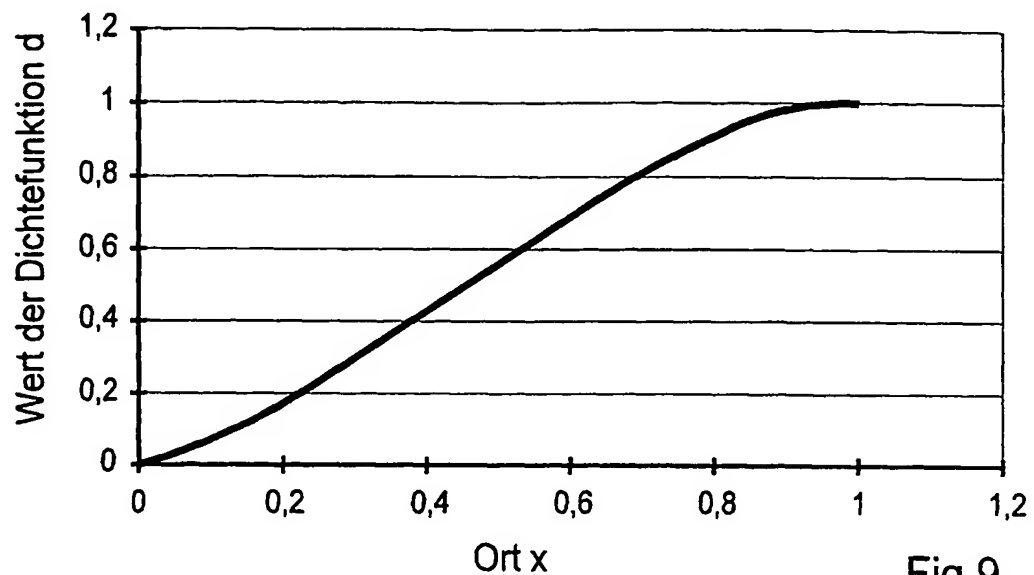
Zum Parametersatz $a_3=-1,5$ $a_2=2$ $a_1=0,5$ $a_0=0$ 

Fig.9

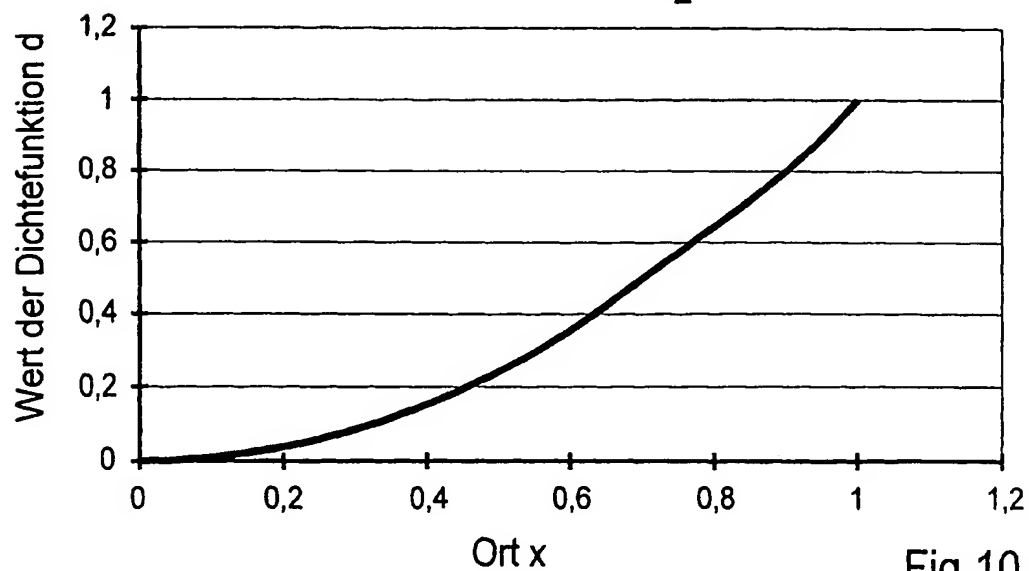
Zum Parametersatz $a_2=1$ 

Fig.10

Zum Parametersatz $a_3=1$ $a_2=-0,5$ $a_1=0,5$ $a_0=0$

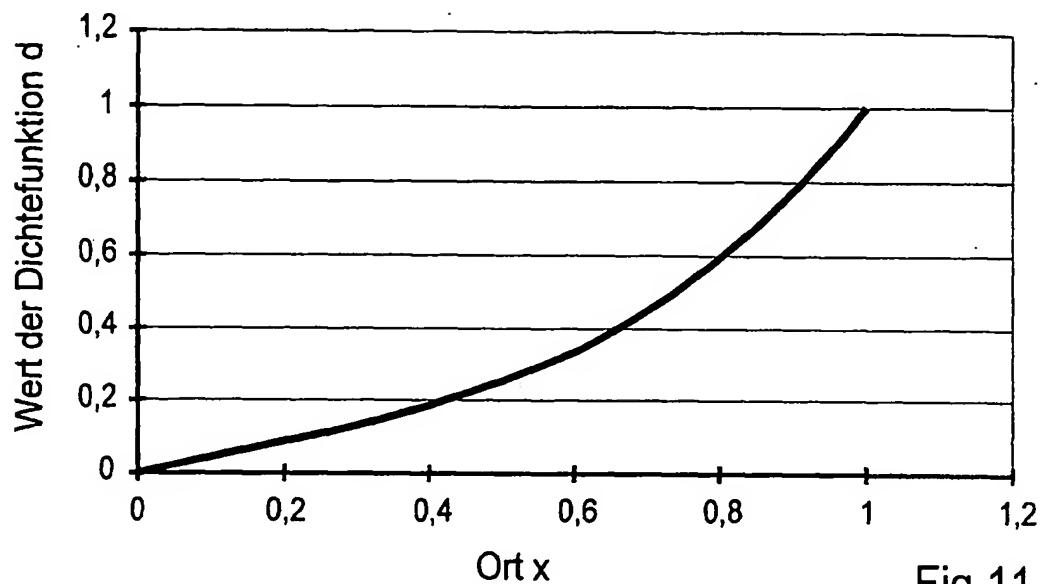


Fig.11

Zum Parametersatz $a_3=0$ $a_2=-4$ $a_1=4$ $a_0=0$

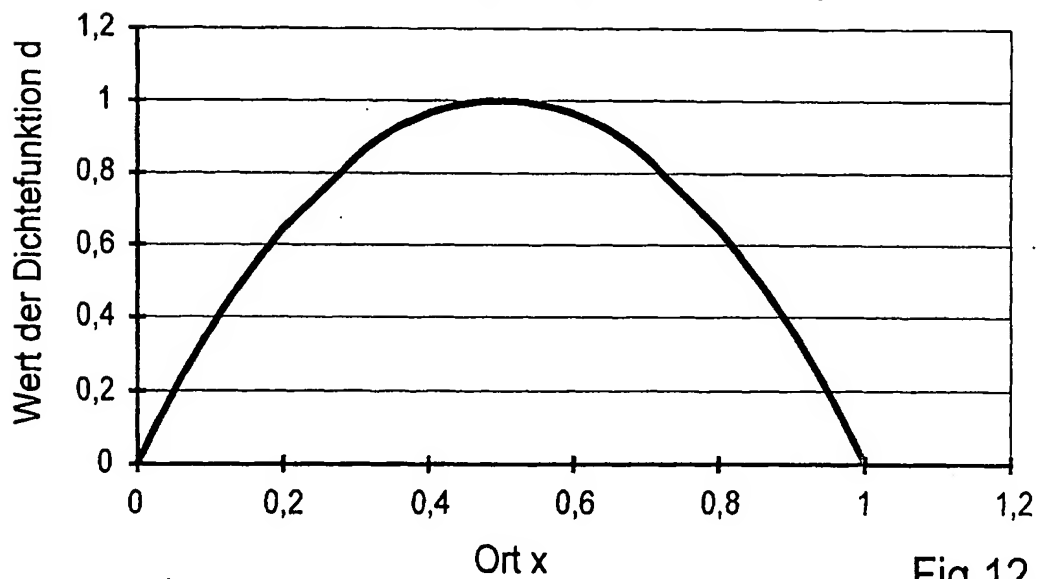


Fig.12

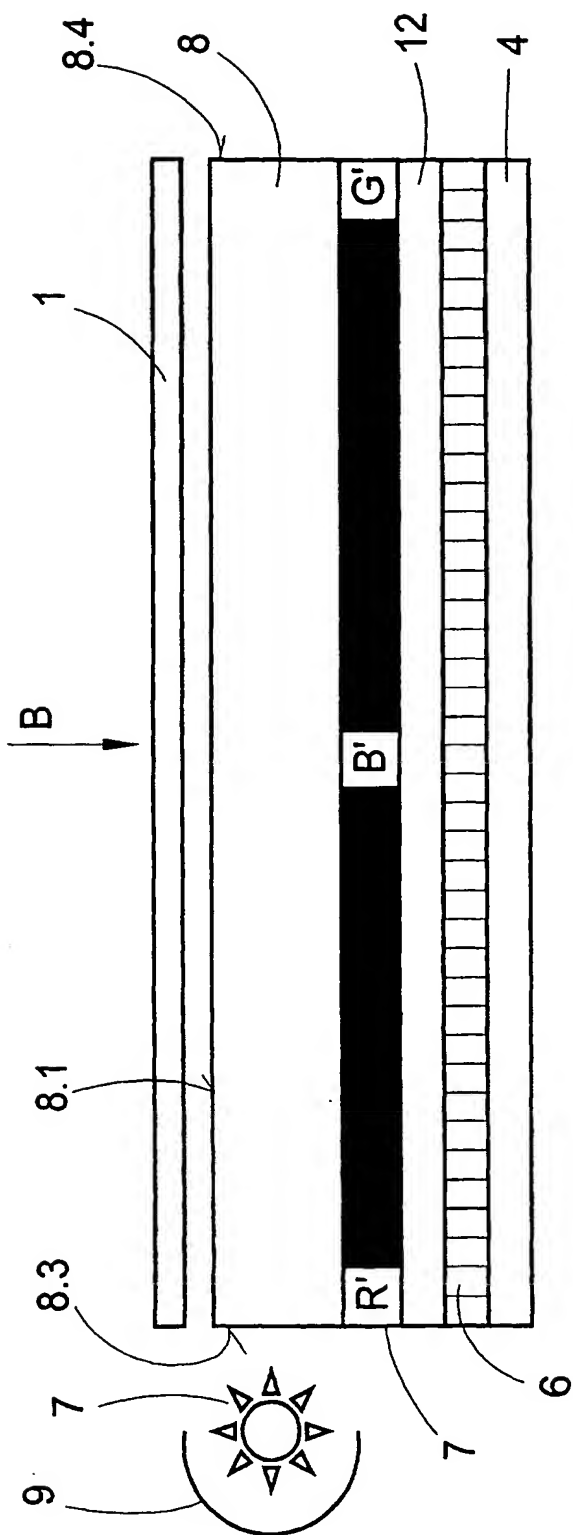


Fig. 13

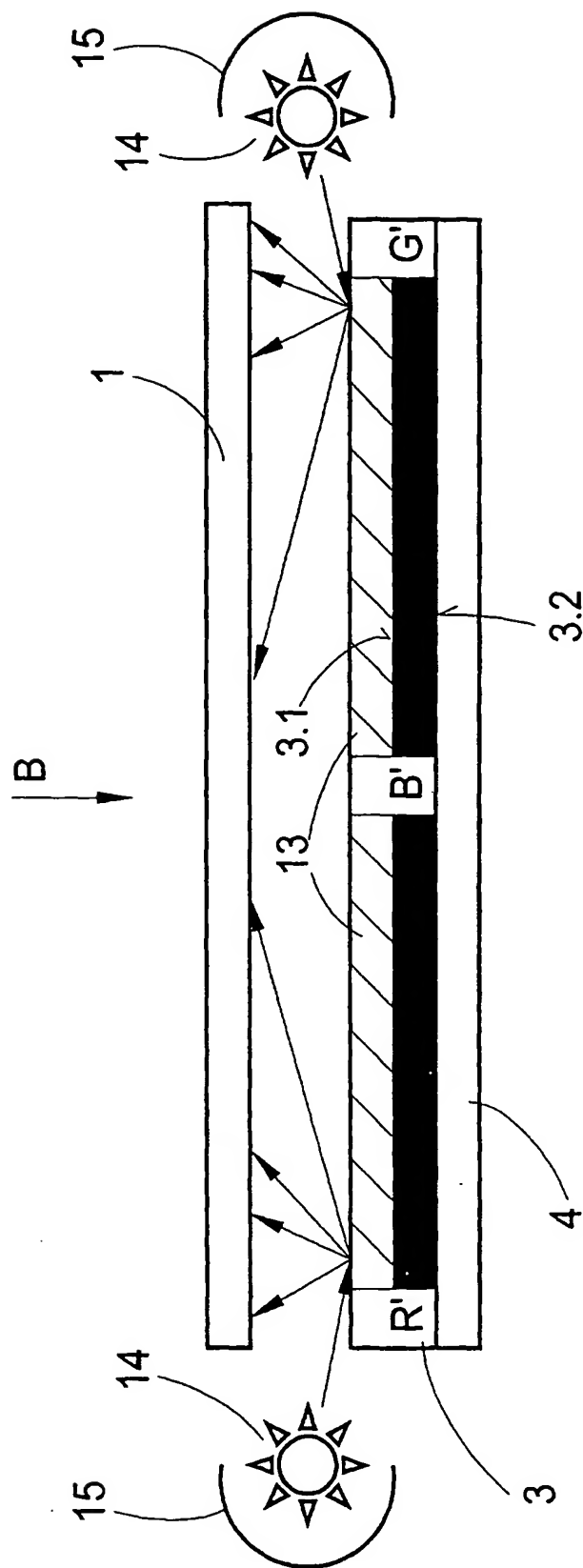


Fig. 14

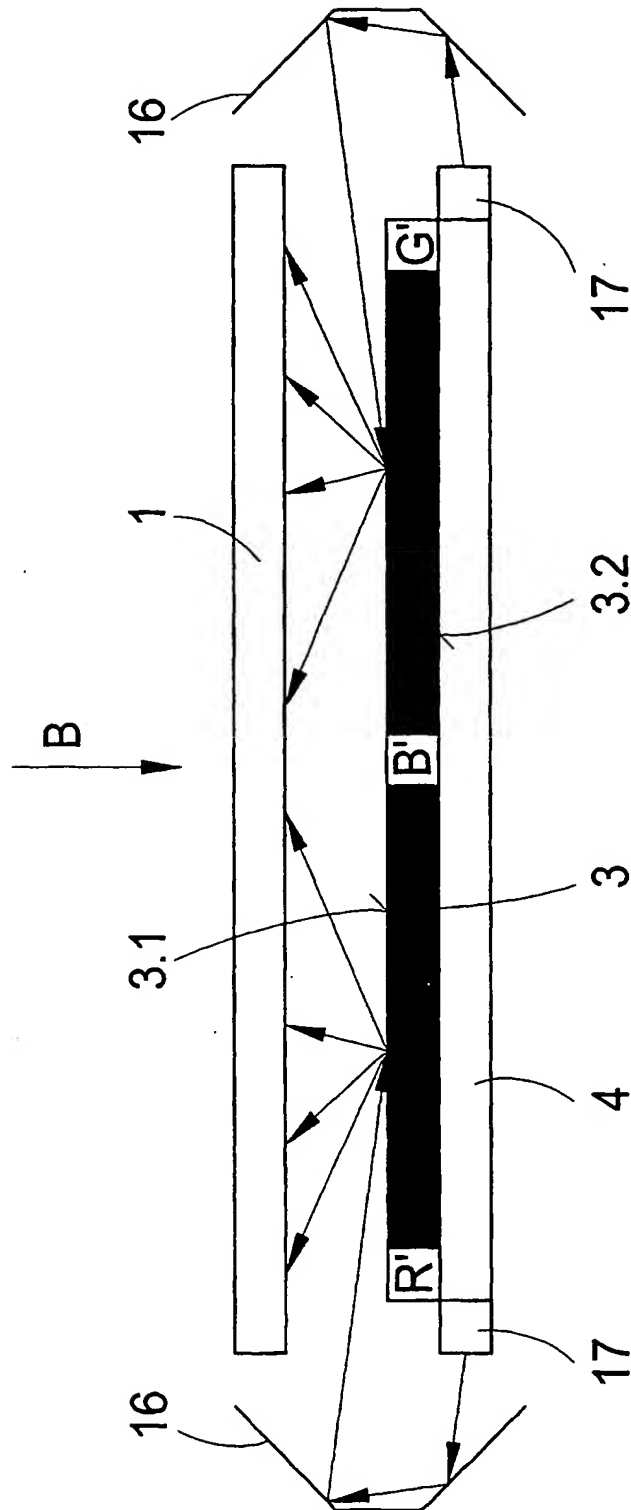


Fig. 15